



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y
Geográfica
Unidad de Posgrado

Suelos contaminados con plomo en la ciudad de La Oroya - Junín y su impacto en la calidad del agua del rio Mantaro

TESIS

Para optar el Grado Académico de Magíster en Ciencias
Ambientales con mención en Gestión y Control de la
Contaminación

AUTOR

Siles Nilo ARCE SANCHO

ASESOR

Julia Marilú CALDERÓN CELIS DE ALVARADO

Lima, Perú

2017



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Arce, S. (2017). *Suelos contaminados con plomo en la ciudad de La Oroya - Junín y su impacto en la calidad del agua del río Mantaro*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Unidad de Posgrado]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y
GEOGRÁFICA**

UNIDAD DE POSGRADO

«Año del buen servicio al ciudadano»

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

SUSTENTACIÓN PÚBLICA



En la Universidad Nacional Mayor de San Marcos-Lima, a los dieciocho días del mes de julio del 2017, siendo las 15:00 horas, se reúnen los suscritos miembros del JURADO EXAMINADOR DE TESIS, nombrado mediante Dictamen N.º 414/UPG-FIGMMG/2017 del 11 de julio del 2017, con la finalidad de evaluar la sustentación oral de la siguiente tesis:

TÍTULO

«SUELOS CONTAMINADOS CON PLOMO EN LA CIUDAD DE LA OROYA – JUNÍN Y SU IMPACTO EN LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO MANTARO»

Que, presenta el Bach. **SILES NILO ARCE SANCHO**, para optar el **GRADO DE MAGISTER EN CIENCIAS AMBIENTALES** con mención en **GESTIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN**.

El secretario del Jurado Examinador de la Tesis, analiza el expediente 05692-FIGMMG-2012 del 07 de agosto del 2012, en el marco legal y Estatutario de la Ley Universitaria, acreditando que tiene todos los documentos y cumplió con las etapas de la Directiva para el procedimiento de la elaboración de la tesis para la obtención del Grado de Magister o Doctor (Aprobado por Resolución Directoral 080.EPG.2010).

Luego de la Sustentación de la Tesis, los miembros del Jurado Examinador procedieron a aplicar la escala descrita en el Art. 61 del precitado Reglamento, correspondiéndole al graduando la siguiente calificación:

..... BUENO (15)

Habiendo sido aprobada la sustentación de la tesis, el Presidente recomienda a la Facultad se le otorgue el **GRADO DE MAGISTER EN CIENCIAS AMBIENTALES** con mención en **GESTIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN** al Bach. **SILES NILO ARCE SANCHO**.

Siendo las 16:30 horas, se dio por concluido al acto académico.

DRA. SILVIA DEL PILAR IGLESIAS LEÓN
Presidente

DR. JORGE LEONARDO JAVE NAKAYO
Secretario

DR. EDWIN JAIME GALAZ ARAYA
Miembro

MG. JOSÉ JORGE ESPINOZA ECHE
Miembro

DRA. JULIA MARILÚ CALDERÓN DE ALVARADO
Asesora

DEDICATORIA.

Dedico la presente tesis a mis padres por su cariño, por sus enseñanzas, y apoyo durante toda mi vida y haberme conducido por el camino correcto.

AGRADECIMIENTOS.

- A mi esposa Nury por haber sido la impulsadora para que concluya el presente trabajo de tesis y ser el apoyo constante durante los estudios de la maestría de Ciencias Ambientales.
- A mis hijas Ximena y Gianella por ser la inspiración para continuar adelante para la conclusión de la presente Tesis.
- A los directivos y compañeros de trabajo de Doe Run Perú. S.R.L., por brindarme las facilidades mientras estudiaba la maestría, asimismo por haberme permitido y compartido la recopilación de datos.
- A mi asesora la Dra. Marilú Calderón, por darme las pautas correctas para la elaboración del proyecto de tesis, y sus consejos en la realización de la presente Tesis.
- A la plana docente y directivos de la UPG de la FIGMMG de la UNMSM por difundir los conocimientos necesarios y dar los lineamientos para hacer un Perú mejor cada día.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
INDICE GENERAL.....	III
LISTA DE CUADROS.....	VI
LISTA DE FIGURAS.....	VII
RESUMEN.....	VIII
SUMMARY.....	IX
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Situación Problemática.....	1
1.2 Formulación del Problema.....	3
1.2.1 Problema principal.....	3
1.2.2 Problemas específicos.....	3
1.3 Justificación Teórica.....	4
1.4 Justificación Práctica.....	4
1.5 Objetivos.....	6
1.5.1 Objetivo general.....	6
1.5.2 Objetivos específicos.....	6
2 MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Antecedentes.....	7
2.2 Bases Teóricas.....	15
2.2.1 El Suelo.....	15
2.2.2 Calidad de Agua.....	18
2.2.3 Plomo.....	20
2.2.4 Contaminación del Suelo por Metales Pesados (Plomo).....	22
2.2.5 Erosión de Suelos.....	29

2.2.6	Restauración y Remediación de Suelos.....	31
2.3	Marco Legal.	40
3	METODOLOGÍA.....	41
3.1	Unidad de análisis y Población de estudio.	41
3.2	Tamaño de muestra.	44
3.3	Selección de puntos de muestreo.	45
3.4	Materiales, Equipo y Método.....	48
3.4.1	Materiales.	48
3.4.2	Equipo.....	48
3.4.3	Método de Recolección de Datos	49
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	54
4.1	Presentación de resultados.....	54
4.1.1	Resultados muestreo Suelos:.....	54
4.1.2	Resultados muestreo Agua.....	57
4.2	Análisis, Interpretación y Discusión de Resultados.	59
4.2.1	Análisis e Interpretación Resultados Suelos.....	59
4.2.2	Análisis e Interpretación Resultados Agua.....	63
4.2.3	Análisis y Discusión: Precipitación Vs. Calidad de Agua río Mantaro	68
4.2.4	Análisis y Discusión: Velocidad y Frecuencia de vientos Vs. Calidad de agua río Mantaro.....	72
4.3	Pruebas de hipótesis.....	77
4.3.1	Hipótesis General.	77
4.3.2	Hipótesis Específicas.	78
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	83
5.1	Conclusiones.	83
5.2	Recomendaciones.....	84
6	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	85

ANEXOS.....	87
ANEXO 1: ECA Suelo D.S. N° 002-2013- MINAM	87
ANEXO 2: ECA Agua. D.S. N° 015-2015-MINAM.....	88
ANEXO 3: Resultados de Laboratorio de Muestras Suelos.	90
ANEXO 4: Resultados de Análisis de Aguas en los Puntos de Monitoreo.....	95
ANEXO 5: Propuesta para la solución del problema.....	99
Solución a los Suelos Contaminados con Plomo.	99
Solución al impacto a la Calidad de Agua del Rio Mantaro.	101
Beneficios que aporta la propuesta:.....	102
ANEXO 6: Matriz de Consistencia Tesis.	103
ANEXO 7: Ley de Recursos Hídricos.	104

LISTA DE CUADROS.

N°	Descripción	Pág.
Cuadro N° 1:	Monitoreo de Suelos La Oroya Antigua (Pb).....	9
Cuadro N° 2:	Tipos de fito-remediación.	34
Cuadro N° 3:	Resumen Marco Legal.	40
Cuadro N° 4:	Determinación del número de muestras de Suelo.	44
Cuadro N° 5:	Fechas de muestreos de suelo y Agua.	50
Cuadro N° 6:	Puntos de Muestreo de Suelo.	50
Cuadro N° 7:	Puntos de Muestreo Agua Rio Mantaro.	51
Cuadro N° 8:	Resultados muestreo suelos, Periodo seco 2013.	54
Cuadro N°9:	Resultados muestreo suelos, Periodo lluvioso 2014.....	55
Cuadro N° 10:	Resultados muestreo suelos, periodo seco 2014.....	55
Cuadro N° 11:	Resultados muestreo suelos, Periodo lluvioso 2015.....	56
Cuadro N° 12:	Resultados muestreo suelos: Periodo seco 2015.	56
Cuadro N° 13:	Resultados de muestreo de Aguas pt. Huanchan.....	57
Cuadro N° 14:	Resultados muestreo agua. Periodo lluvioso 2013.	58
Cuadro N° 15:	Resultados muestreo agua. Periodo seco 2014.....	58
Cuadro N° 16:	Resultados Muestreo Agua. Periodo lluvioso 2014.....	58
Cuadro N° 17:	Resultados Muestreo Agua. Periodo seco 2015.	58
Cuadro N° 18:	Resultados Muestreo Agua. Periodo lluvioso 2015.....	59
Cuadro N° 19:	Muestreo Agua. Antes y después lluvia fuerte.....	59
Cuadro N° 20:	Incremento de plomo en el rio en periodo seco.	65
Cuadro N° 21:	Incremento de plomo en el rio en periodo lluvioso.	65
Cuadro N° 22:	Registros de Precipitación de Estación La Oroya (mm).....	69
Cuadro N° 23 :	Precipitaciones Acumuladas Mensuales y Anuales (mm)...	70
Cuadro N° 24:	Relación entre Precipitaciones y Plomo en el río Mantaro...	71
Cuadro N° 25:	Velocidad de viento promedio 1998-2014 - La Oroya.	73
Cuadro N° 26:	Relación entre vientos y Plomo en el río Mantaro.	75
Cuadro N° 27:	Correlación de Pearson de la Figura 15.....	77
Cuadro: N° 28:	Correlación de Pearson de la Figura 16:.....	78
Cuadro N° 29:	Correlación Pearson Figura N° 19.	81
Cuadro N° 30:	Correlación Pearson Figura N° 21.	82

LISTA DE FIGURAS.

N°	Descripción	Pág.
Figura N° 1:	Mapa de Contaminación de Suelos de La Oroya.	8
Figura N° 2:	Plomo en suelo superficial. Área Pastizales.	11
Figura N° 3:	Plomo en el suelo superficial. Área Agrícola.....	12
Figura N° 4:	Variación vertical del Plomo y Arsénico, Area Oroya Antigua..	13
Figura N° 5:	Monitoreo puntual, Plomo zona alta.....	14
Figura N° 6:	Diagrama Eh-PH para Plomo en agua dulce y agua salada...	27
Figura N° 7:	Base conceptual de la Fito-extracción.	35
Figura N° 8:	Ubicación de La Oroya en el Perú	42
Figura N° 9:	Ubicación de La Oroya Antigua.	43
Figura N° 10:	Ubicación de los puntos de muestreo de Suelos y Aguas en La Oroya.	47
Figura N° 11:	Histograma datos muestreo de suelo.	60
Figura N° 12:	Mapa Base de la distribución de Plomo.....	61
Figura N° 13:	Distribución de Plomo en la ciudad de la oroya.	62
Figura N° 14:	División de la Oroya Antigua en microcuencas.....	64
Figura N° 15:	Incremento de plomo en el rio Mantaro en periodo seco.....	66
Figura N° 16:	Incremento de plomo en el rio Mantaro en periodo lluvioso...	67
Figura N° 17:	Acumulados Mensuales de Precipitaciones Estación La Oroya.	69
Figura N° 18:	Precipitación Promedio Mensual Acumulada.....	70
Figura N° 19 :	Correlación entre Precipitaciones y Plomo en el rio Mantaro.	72
Figura N° 20:	Rosa de Viento de Estación Sindicato – Año 2014.....	74
Figura N° 21 :	Correlación entre Velocidad de viento y Plomo en el rio Mantaro.....	76

RESUMEN.

El presente trabajo de tesis es en respuesta al problema de contaminación generado por la presencia de la Fundición de La Oroya, cuyas actividades dieron como resultado la contaminación con plomo del aire y suelos de la Oroya por más de 90 años.

Como resultados de la tesis se ha comprobado que los suelos de la ciudad de La Oroya que están frente al Complejo Metalúrgico están impactadas con plomo sobrepasando en muchos casos los 1200 mg/Kg. que es el Estándar de Calidad para suelos industriales comerciales y extractivos y superando en todo sentido el Estándar de Calidad del suelo peruano para vivienda que es de 140 mg/Kg.

El contenido de plomo en el agua del río Mantaro sobrepasa los 0.05 mg Pb/L en épocas de lluvias (Estándar de Calidad de agua para riego y bebida de animales), lo que demuestra que hay impacto de los suelos hacia el río y que dicho impacto está relacionado con las precipitaciones pluviales. Dada la capacidad de dilución del río Mantaro los contenidos de plomo en el río bajan a valores < 0.01 mg/L en épocas secas, sin embargo el daño ambiental se da de cada vez que se presentan las lluvias.

La ciudad de La Oroya necesita una urgente remediación de sus suelos, para ser considerada apta para vivienda además de no impactar al río Mantaro y que sus aguas sean adecuadas para riego y bebida de animales para no perjudicar a los usuarios del río aguas abajo.

Palabras Clave: Plomo, Suelos Contaminados, impacto, calidad de agua.

SUMMARY.

This research was made in order to respond to the environmental issue generated by the presence of the La Oroya smelter, which activities had resulted in lead contamination of air and soil in La Oroya for more than 90 years.

For environmental and financial problems, Doe Run Peru Smelter current owner, has ceased operations since 2009, however persist environmental liabilities.

As a result of the investigation, it was found that the soils of the city of La Oroya which are in front of the Metallurgical Complex are impacted with lead, reaching high values that in many cases exceed 1200 mg/kg. Surpassing all ways the Peruvian Soil Quality Standard for housing, commercial, industrial and extractive soils that are 140 mg/kg and 1200 mg/kg. Respectively.

The lead content in the water of the Mantaro River exceeds 0.05 mg Pb / L in rainy seasons (Water Quality Standard for irrigation and animal drinking), which shows that there is impact of the soils towards the river and that said Impact is related to rainfall. Due to the high dilution capacity of the river by its high flow, the contents of lead in the river down to near normal. However environmental damage occurs each time the rains are presented.

La Oroya needs a phyto-stabilization of the slopes of the hills, and needs the isolation of soils of the city, this to be considered a suitable place to live, and that the water of the river Mantaro would be suitable for the irrigation and animal's drink. And subsequently regain their aquatic life, and these waters do not harm the users of the river, downstream.

WORD KEY: Lead Contaminated Soil, impact, water quality

1 INTRODUCCIÓN.

1.1 Situación Problemática.

En términos generales podemos señalar como primera información que en el mundo se encuentran 19 000 000 km² de tierras degradadas en sus distintos tipos generadas por actividades del hombre, lo que corresponde a un 10% de la superficie de la tierra. (Guerrero, 1998)

Se han identificado cinco causas diferentes de intervención humana que generan degradación de suelos que son: Deforestación y remoción de la vegetación natural, sobrepastoreo, inapropiado manejo de las actividades agrícolas, sobre explotación de la cobertura vegetal para uso doméstico, actividades industriales como la minería que conducen a la contaminación química. (Guerrero, 1998).

Desde tiempos remotos, los seres humanos inventaron la metalurgia, actualmente, el desarrollo de nuevas tecnologías de toda índole depende de los elementos que se obtienen por actividades minero-metalúrgicas, ya que muchos de los componentes de los nuevos equipos (computadoras, instrumentos analíticos y teléfonos celulares, entre otros) están fabricados de metales como el hierro, cobre, cadmio, oro, plomo, plata y otros elementos como el silicio.

La excavación de minas, la remoción de minerales, el proceso y la extracción de metales pueden causar daños ambientales, en casos extremos, destruir el ecosistema; Por otro lado, las industrias especializadas en el proceso de metales (siderurgias y metalúrgicas) pueden emitir partículas de dimensiones micrométricas, que son fácilmente transportables por el viento a grandes distancias y causar problemas en la salud de las poblaciones.

El sector minero en el Perú es uno de los pilares de la economía peruana. La mayoría de las minas en el Perú se concentra en los Andes. Los principales productos mineros del Perú son la plata, el cobre, el zinc, el plomo, el estaño, el bismuto y el telurio. El desarrollo de la minería ha traído riegos de contaminación. En el país se han identificado 4.353 pasivos ambientales de alto riesgo. (Ministerio del Ambiente, 2014)

El Complejo Metalúrgico de La Oroya (CMLO) es uno de las industrias más importantes del Perú que desde el inicio de operaciones (año 1922) ha emitido material particulado en las emisiones fugitivas con gran cantidad de plomo el cual ha venido depositándose y acumulándose en el suelo de las inmediaciones del complejo (Barandiaran & Cederstav, 2002).

En el año 1997 el CMLO fue transferido a Doe Run Perú SRL. y de acuerdo con el contrato, Centromín Perú S.A. tiene la responsabilidad de la remediación de las áreas afectadas por las emisiones de polvos y gases del CMLO, desde 1922 hasta 1997. (CGT Company, 2015)

Activos Mineros S.A. quien fuera Centromín el año 1997 ha iniciado obras de remediación de suelos en convenio con la municipalidad de Yauli- La Oroya en los alrededores de la ciudad de La Oroya; pero aún no se realiza ningún tipo de acción correctiva en los suelos de La Oroya Antigua. (Activos Mineros, 2012)

Los suelos de La Oroya siguen contaminados creando problemas de salud a los pobladores y también a los usuarios del río Mantaro, río que pasa por la ciudad (Mantaro Revive, 2015), si bien este río ya no recibe los efluentes del CMLO debido a que se encuentra fiscalizada por el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), aún hay contaminación en este río, la fuente sería los suelos de La Oroya que por erosión hídrica transfieren plomo al río Mantaro.

1.2 Formulación del Problema.

1.2.1 Problema principal.

¿De qué manera los suelos contaminados con plomo de la ciudad de la Oroya -Junín Impactan en la calidad de agua del río Mantaro en cuanto al contenido de plomo?

1.2.2 Problemas específicos.

1. ¿Cuán contaminados con plomo están los suelos de La Oroya?
2. ¿De qué manera las precipitaciones pluviales se relacionan con el plomo presente en el río Mantaro en La Oroya- Junín?
3. ¿De qué manera la velocidad y frecuencia de los vientos se relacionan con el plomo presente en el Río Mantaro en La Oroya- Junín?

1.3 Justificación Teórica.

La presente tesis da a conocer una distribución cuantificable del plomo distribuido en la superficie de los suelos de la ciudad de La Oroya Antigua como agente contaminante detallando la ubicación de las zonas críticas de contaminación por plomo en los suelos.

Al haber ejecutado la tesis se pudo determinar el impacto de la erosión hídrica por efecto de las lluvias a la calidad del agua del río Mantaro demostrándose que el contenido de plomo en los suelos de La Oroya se relacionan con el contenido de plomo de dicho río.

Los resultados de este estudio nos demuestra que los efectos de la contaminación se dan aún se haya eliminado a la fuente, por lo que se tiene que buscar soluciones a largo plazo.

1.4 Justificación Práctica.

Al tener determinado la distribución de plomo con mayor detalle en la ciudad de La Oroya será considerado como un instrumento ambiental que permitirá a la Municipalidad Provincial Yauli La Oroya utilizar los resultados de la presente Tesis para replantear la zonificación catastral de la ciudad como parte de su gestión ambiental planificando y limitando licencias de construcción de viviendas tomando en consideración la contaminación con plomo de los suelos, asimismo la presente Tesis contribuirá a que el gobierno central de una vez culmine con la remediación de los suelos de La Oroya a través de Activos Mineros S.A. entidad estatal encargada de este trabajo y a largo plazo se considere la posibilidad de un traslado de la Ciudad de La Oroya.

El conocer el impacto de la erosión hídrica por efecto de las lluvias a la calidad del agua del río Mantaro permitirá tanto a Activos Mineros como a la Municipalidad Provincial Yauli - La Oroya y a otras entidades controlar el impacto al río efectuando impermeabilización de los suelos y fijación de laderas.

Al estar demostrando que hay impacto a la calidad de aguas del río Mantaro en cuanto al contenido de plomo, el Ministerio de Agricultura debe de limitar el uso de estas aguas como bebida de animales así como la crianza de truchas en la zonas aledañas a La Oroya. Los usuarios del río Mantaro aguas abajo deben de considerar que las aguas del río al encontrarse turbias producto de las lluvias tienen más posibilidades de contener plomo por encima del ECA permitido

1.5 Objetivos.

1.5.1 Objetivo general

Demostrar el impacto del plomo de los suelos de La Oroya Junín en la calidad de agua del río Mantaro en cuanto al contenido de plomo.

1.5.2 Objetivos específicos.

1. Analizar la distribución del plomo contenido en los suelos de la ciudad de La Oroya -Junín
2. Encontrar como las precipitaciones pluviales se relacionan con el plomo presente en las aguas del Río Mantaro en La Oroya-Junín.
3. Encontrar como la velocidad y frecuencia de los vientos se relacionan con el plomo presente en las aguas del Río Mantaro en La Oroya- Junín.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes.

A nivel nacional se tienen los estudios realizados por las consultoras Ground Water International, para Activos Mineros S.A. realizados entre junio de 2008 y marzo 2009, con la participación de las consultoras Intrinsik Environmental Sciences, Knight Piesold Consulting, Hatfield Consulting y Transmin Metallurgical Consultants, llegaron a la siguiente conclusión:

Las emisiones de plomo, cadmio y arsénico ocasionados por la fundición de La Oroya durante sus 87 años de vida productiva han afectado alrededor de 2300 kilómetros cuadrados de suelos de la región central. Como para tener una idea del impacto ambiental de las emisiones del CMLO, el área afectada equivale al 83% del área total de Lima Metropolitana, están afectadas no solo de la provincia de Yauli, donde se ubica la ciudad de La Oroya, sino también de Tarma, Jauja y Junín. (Activos Mineros, 2012).

La zona más impactada se localiza a dos kilómetros al sur del CMLO, que comprende parte del área urbana conocida como La Oroya Antigua donde la concentración de plomo esta entre 3,000 a 16,000 mg/kg en los suelos entre 7,5 a 40 veces más que el límite permitido y a que la concentración máxima en caso residencial es de 400 mg/kg según estándares canadienses. (Activos Mineros, 2012).

La mayor concentración de metales esta en los 10 primeros centímetros de profundidad. La movilidad vertical de los metales es mínima. Muchos de ellos a pesar de su antigüedad más de 86 años están inmóviles en forma de compuestos estables como óxidos o hidróxidos. (Activos Mineros, 2012).

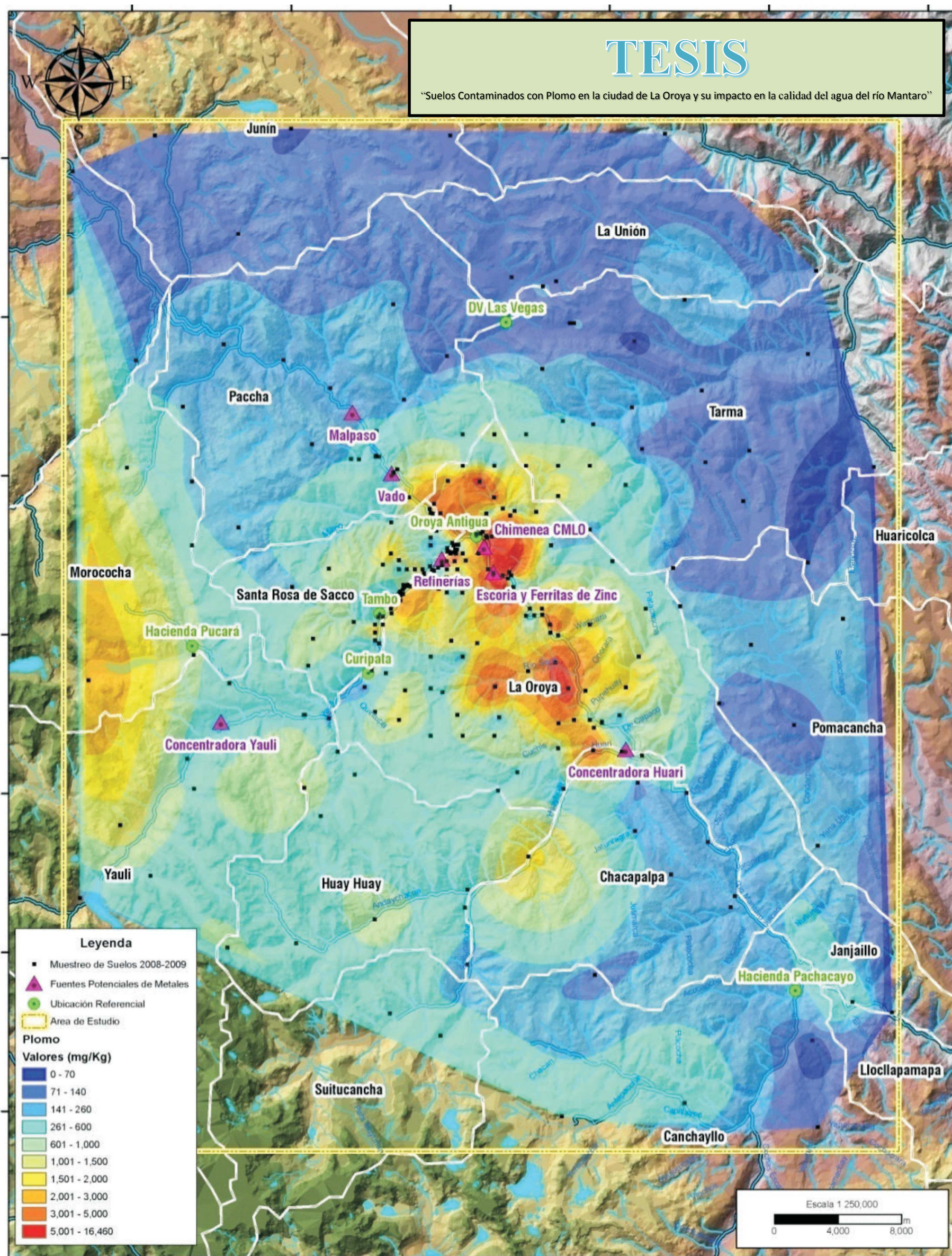


Figura N° 1: Mapa de Contaminación de Suelos de La Oroya.
Fuente: Activos Mineros S.A.C.

Se considera también como antecedente los monitoreos que realiza Doe Run Perú S.R.L. Operador del Complejo Metalúrgico de La Oroya, como parte de su política de adecuación ambiental. Los resultados se muestran en el cuadro N° 1.

Cuadro N° 1: Monitoreo de Suelos La Oroya Antigua (Pb).

Pto. de muestreo	Descripción.	Pb. 2011 mg./Kg.	Pb. 2012 mg./Kg.	Pb. 2013 mg./Kg.	Pb. 2014 mg./Kg.
PSOA 03	La Oroya Antigua: Jardín del C.E. Antonio Encinas	1826.3	531.2	2474.6	696.3
PSOA 04	La Oroya Antigua: Jardín del C.E. Manuel Scorza	562.3	750.0	1738.0	986.9
PSOA 05	La Oroya Antigua: Parte alta del sector de Santa Rosa Ucchuhuacta	650.0	645.7	1409.0	858.6
PSOA 08	La Oroya Antigua: Lado derecho de vivienda de La familia L.M.G.	3366.0	887.4	4559.6	1505.0
PSOA 09	La Oroya Antigua: Casa de la familia Izquierdo, Iquitos N° 245	1880.8	740.1	1764.3	914.9

Fuente: IGAC Doe Run Perú S.R.L.

Del Cuadro N° 1 se puede observar que los valores de plomo en los suelos de La Oroya Antigua área urbana que se encuentra al frente del Complejo Metalúrgico tiene valores altos por encima del ECA suelo para vivienda que es de 140 mg/Kg.

Como otro antecedente se cita los estudios realizados por Ministerio de Salud - DIGESA realizados en el año 2008.

En el año 2008 DIGESA ha monitoreado el río Mantaro desde la estación E-16 hasta E-32 concluyendo que: en lo que se refiere a Cadmio, Plomo, Cobre, Cromo, Zinc y Arsénico no sobrepasan los valores límites de la Ley General de Aguas, Clase III. (DIGESA, 2008). DIGESA en su trabajo menciona lo siguiente:

- 1.- El río Mantaro, recorre unos 725 Km a través de los departamentos de Pasco, Junín, Huancavelica y Ayacucho; que en poblado de Puerto Bolognesi se une al río Apurímac para formar el río Ene.
- 2.- La Ley de Recursos Hídricos faculta a la Autoridad Sanitaria, que es DIGESA, la vigilancia de los recursos hídricos, por lo que se han establecido 38 estaciones a lo largo del río Mantaro desde su nacimiento en el nudo de Pasco. Las Direcciones Regionales de Salud de Pasco, Junín, Huancavelica y Ayacucho son las entidades encargadas de la toma de muestras, lectura de parámetros de campo y análisis microbiológico; en tanto que DIGESA tiene como tarea los análisis de metales pesados que se efectúan en su laboratorio. (DIGESA, 2008)
4. La población involucrada en la cuenca del río Mantaro, es de aproximadamente 1'200,000 habitantes y las ciudades más importantes que están ubicadas a lo largo del río son: Junín, La Oroya, Jauja, Concepción y Huancayo. (DIGESA, 2008)
5. En la cuenca alta del río Mantaro existe explotación de plomo, plata, cobre y zinc. La actividad minera es intensa, algunas de ellas vierten directamente sus efluentes y otros usan canchas de relaves. En Cerro de Pasco, el río San Juan recibe el primer impacto negativo procedente de los vertimientos industriales de la empresa minera Vólcan y de las descargas domésticas de la población, a través de la quebrada Quiulacocha, notándose un cambio drástico en las propiedades físicas y químicas. En la provincia de Yauli, en el túnel Kingsmill, las aguas ácidas procedentes de las minas de Morococha, se descargan sin tratamiento al río Yauli, afluente del Mantaro; asimismo, la Central Hidroeléctrica La Oroya, de propiedad de la empresa Electroandes S.A., arroja sedimentos mensualmente a este mismo curso de agua. Por otro lado, la empresa Doe Run Perú S.R.L. desde 1997 es propietaria de fundiciones y refinerías de cobre y plomo en la ciudad de La Oroya y de la mina de cobre de Cobriza

(ex Centromin Perú), ubicada en San Pedro de Coris, Huancavelica también genera efluentes. Por último, en toda la cuenca el río Mantaro se recibe las descargas de aguas residuales domésticas sin tratamiento, así como de residuos sólidos y desmontes. Cabe indicar que las aguas del río Mantaro son utilizadas para el regadío de los campos de cultivo en toda la cuenca. (DIGESA, 2008)

Otro Antecedente que se considera para el presente trabajo de tesis son los estudios realizados por la ONG. Mantaro Revive los años 2007 y 2008 en su trabajo “*Evaluación del Contenido de Metales y Metaloides en Suelos de la Zona Alta y Media de la Cuenca Hidrográfica del Río Mantaro*”.

Según sus estudios se realizaron 70 áreas de monitoreo, realizando un muestreo superficial de 0- 5 cm y un muestreo vertical 0 – 100 cm, los metales analizados fueron Cadmio, Cromo, Mercurio, Cobre, Zinc, Níquel y Manganese y los metaloides, Arsénico y Antimonio. Los resultados para plomo se muestran en las figuras N° 2 y N° 3.

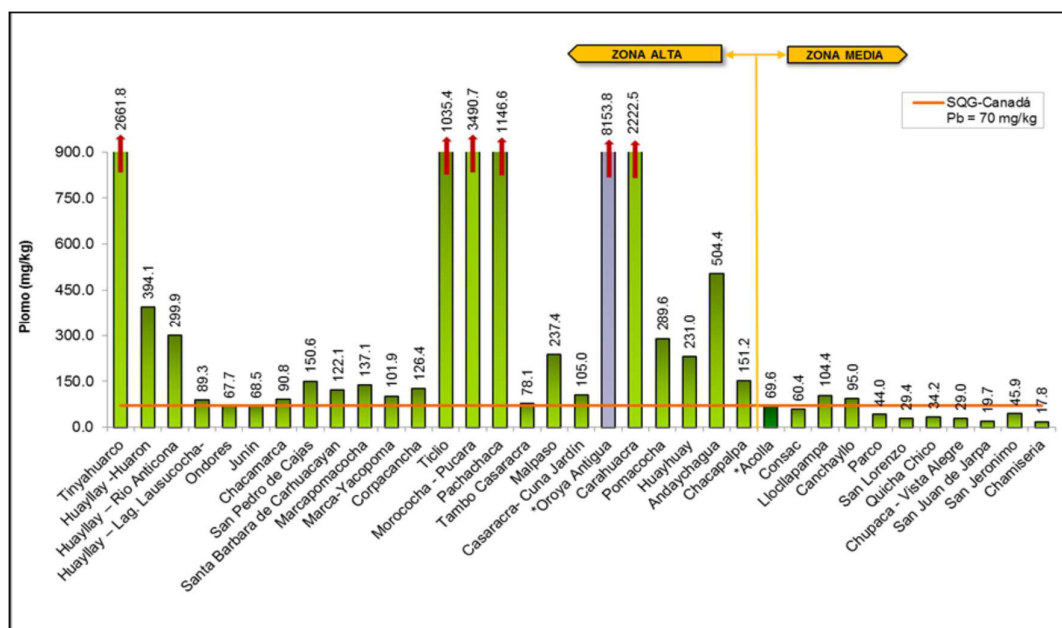


Figura N° 2: Plomo en suelo superficial. Área Pastizales.
Fuente: Proyecto El Mantaro Revive.

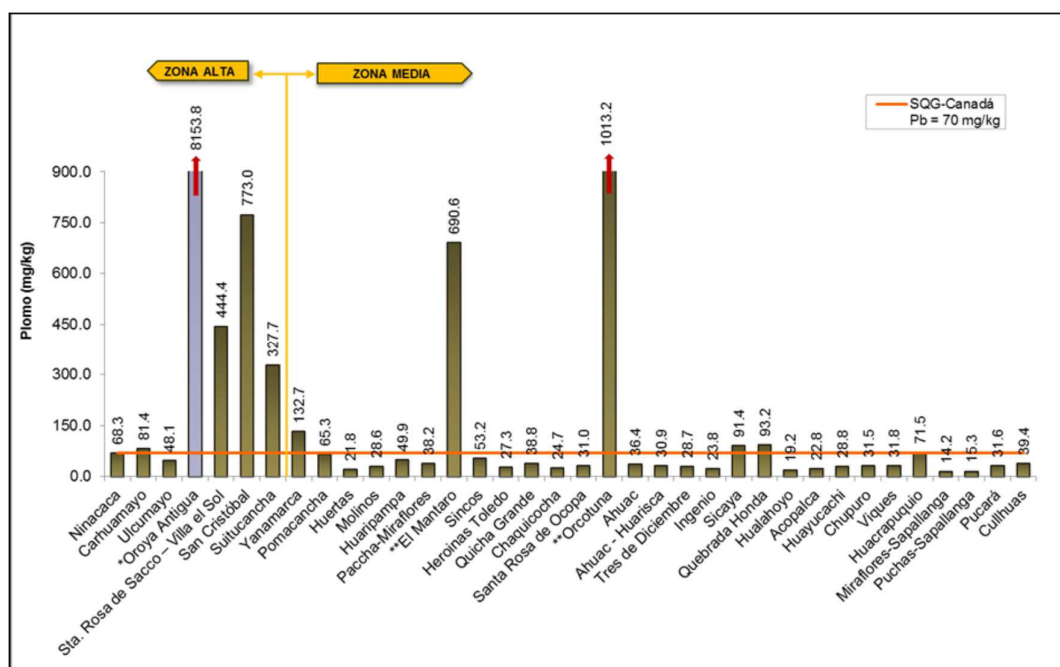
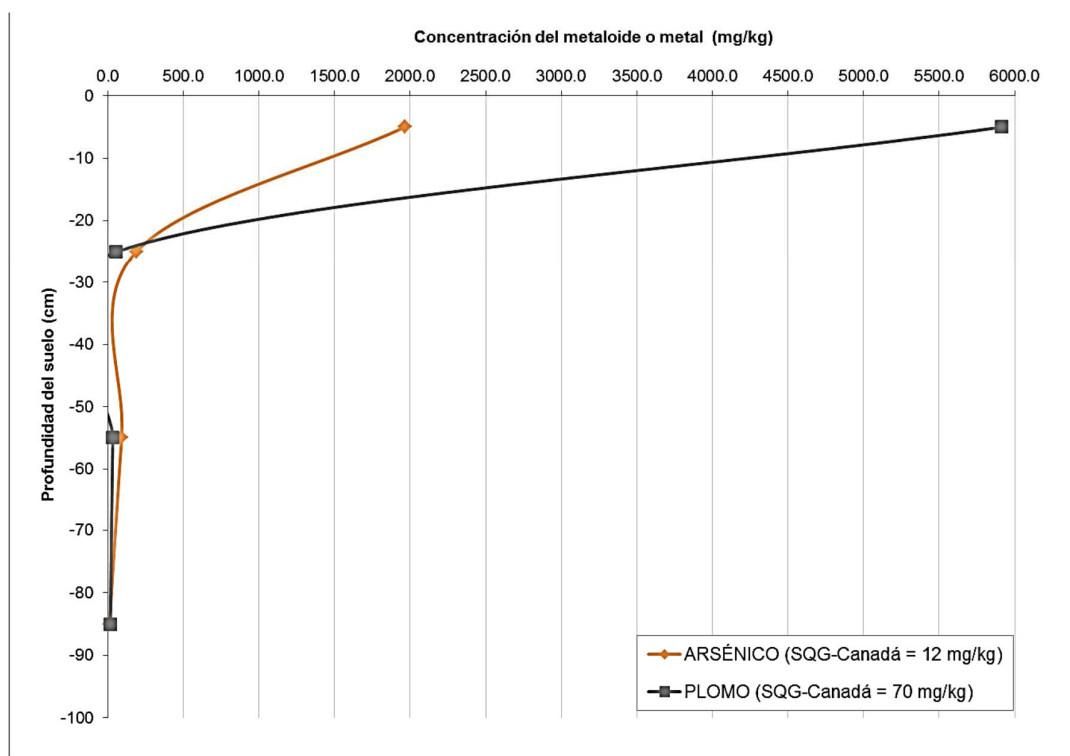


Figura N° 3: Plomo en el suelo superficial. Área Agrícola.
Fuente: Proyecto El Mantaro Revive.

Según los resultados las áreas de mayor preocupación en la zona alta son: Morococha, Carahuacra, Santa Rosa de Saco y La Oroya Antigua por que el Pb y el As superan los niveles de referencia.

El arsénico en el 100% de áreas monitoreadas superó el nivel de referencia de Canadá (12 mg/Kg). El plomo en el 49% de áreas superó el nivel de referencia de Canadá (70 mg/Kg). En ambos caso el pico máximo se registró en el área monitoreada de La Oroya Antigua con 3737.3 mg/Kg (As) y 8153.8 mg/Kg (Pb), respectivamente.

La mayor concentración del Plomo y el Arsénico en La oroya Antigua se encuentra en la capa superficial del suelo (0-10 cm). Figura N° 4. Estos resultados sugieren que la acumulación de metales y metaloides a nivel superficial tiene origen antropogénico pudiendo ser transportados a través del aire y del agua.



*Figura N° 4: Variación vertical del Plomo y Arsénico, Area Oroya Antigua.
Proyecto el Mantaro Revive.*

Se tiene otro estudio realizado por la misma ONG. Mantaro Revive los años 2007 y 2008 titulada “*Evaluación Participativa de la Calidad Ambiental del Agua en la Zona Alta y Media de la Cuenca Hidrográfica del Río Mantaro*”.

Se monitorearon 53 estaciones en el río Mantaro con participación ciudadana, con monitoreos inopinados bajo protocolos de DIGESA.

Los parámetros analizados fueron, metales y metaloides tóxicos como Plomo, Arsénico, Cadmio, Mercurio, Antimonio y Cromo, iones como cianuros, nitratos y sulfatos, parámetros biológicos como coliformes totales y coliformes fecales, parámetros de campo como oxígeno disuelto, temperatura, pH, conductividad eléctrica y turbidez.

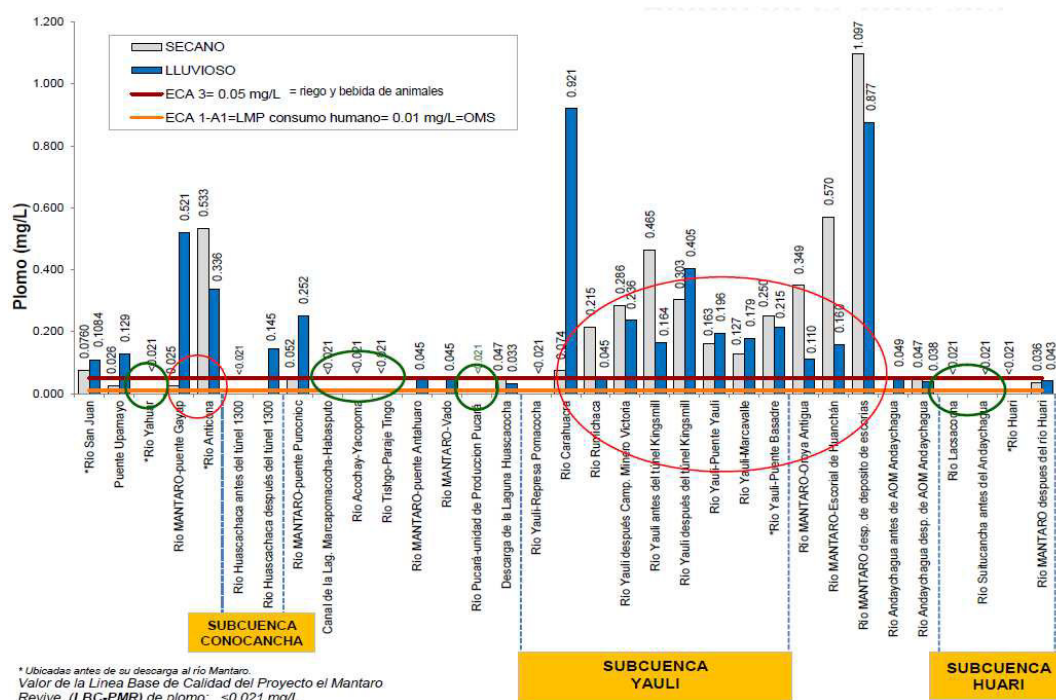


Figura N° 5: Monitoreo puntual, Plomo zona alta.
Proyecto el Mantaro revive.

De los resultados de la evaluación se concluye que los ríos más limpios son: río Tishgo, río Pucará, río Yauli (en su naciente), río Lacsacocha.

Los ríos más afectados en Plomo son: río Mantaro después del depósito de escorias en La Oroya Antigua con 1.097 mg/L y 0.877mg/L superando en más de 20 veces el ECA 3, río Carahuacra con 0.921 mg/L (en periodo lluvioso) superando en más de 18 veces al ECA 3, río Anticona con 0.533 mg/L (en periodo seco) superando en más de 10 veces el ECA 3.

Los ríos más afectados en Arsénico son: río Yauli después del túnel Kingsmill con 0.6247 y 0.646 mg/L superando en más de 12.5 veces el ECA 3, río Mantaro después del depósito de escorias en La Oroya Antigua con 0.6003 mg/L superando en más de 12 veces el ECA 3.

2.2 Bases Teóricas.

2.2.1 El Suelo.

2.2.1.1 *Composición y Estructura del Suelo.*

La formación del suelo es el resultado de una serie de procesos físicos, químicos y biológicos sobre el medio rocoso original. Es la parte más superficial de la litosfera y está constituido por una mezcla de partículas minerales, materia orgánica, aire y una disolución acuosa que rodea las partículas edáficas. (Garcia & Dorronsoro, 2003).

La composición media del suelo en porcentaje de volumen es: 50% de materia sólida, 20 - 30 % de disolución acuosa y 20 - 30 % de suelo edáfico. (Bowen, 1979).

La disolución acuosa del suelo actúa de intermediaria entre la litosfera y los organismos vivos, por lo que tiene una gran importancia para el equilibrio químico y biológico, debido a que contiene los solutos necesarios para el desarrollo de la vegetación existente en el mismo. Las principales causas por las que en la disolución acuosa del suelo se encuentran iones son: la lluvia, la descomposición de la materia orgánica, la meteorización mineral, y los procesos de intercambio entre la disolución del suelo y las partículas coloidales. Mayoritariamente se encuentran iones Cl^- , SO_4^{2-} y Ca^{2+} y en menor cantidad Mg^{2+} , H_3SiO_4^- , K^+ , Na^+ , Mn^{2+} y otros (Bowen, 1979).

La fase sólida del suelo representa aproximadamente la mitad de la composición del total del suelo y está constituida en un 45%

por una fracción inorgánica y en 5% por una fracción orgánica. En la fracción inorgánica se encuentran partículas minerales de distintos tamaños y que, de mayor a menor, se denominan gravas ($>2\text{mm}$), arenas ($0.05\text{-}0.02\text{ mm}$), limos ($0.05\text{ -- }0.005\text{ mm}$) y arcillas ($< 0.005\text{ mm.}$). El tamaño de partículas que forman un suelo determina la textura del mismo y aporta información sobre su porosidad o espacios huecos por unidad de volumen por lo que puede circular el aire y el medio acuoso edáfico. (Bautista, 2007).

También es importante el tamaño de los poros, porque determina la permeabilidad de un suelo, es decir la velocidad con que el aire y el agua pueden moverse a través del mismo, desde las capas más superficiales a las más profundas. Todos estos factores definen la capacidad de un suelo para retener agua, para airearse y para poder ser cultivados (Bowen, 1979).

El suelo presenta una estructura secuencial, debido fundamentalmente a la infiltración del agua y a la actividad orgánica que se desarrolla en el mismo. Puede observarse distintas capas u horizontes según la profundidad, que tienen distintas propiedades físicas y químicas en función del proceso de formación del mismo. Básicamente, pueden distinguirse tres capas (Bautista, 2007)

La capa más superficial (Horizonte A), en la que se produce una gran lixiviación de algunos de sus componentes, está constituida por partículas minerales (fundamentalmente materiales silíceos) y materia orgánica procedente de organismos vivos. (Bautista, 2007).

En la capa inmediatamente inferior (Horizonte B), se acumulan los compuestos de la lixiviación procedentes de la capa anterior. En esta zona tiene lugar la oxidación de la materia orgánica y se

encuentran presentes óxidos de Fe(III) y silicatos laminares. (Bautista, 2007).

En la capa más profunda (Horizonte C), no existe apenas lixiviación y están presentes materiales poco particulados. A medida que aumenta la profundidad se observa una disminución del oxígeno presente (debido al consumo del mismo en los procesos de oxidación de la materia orgánica y de la formación de óxidos), y un aumento paralelo de la cantidad de dióxido de carbono. (Bautista, 2007).

2.2.1.2 Suelos Contaminados.

Se denomina suelo contaminado a una porción de terreno, superficial o subterránea, cuya calidad ha sido alterada como consecuencia del vertido, directo o indirecto, de residuos o productos peligrosos. El origen de las alteraciones que se producen en el suelo no puede atribuirse a una sola causa. (Orozco, Perez, Gonzales, Alfayete, & Rodriguez, 2003).

Un suelo contaminado es aquél que ha superado su capacidad de amortiguación para una o varias sustancias, y como consecuencia, pasa de actuar como un sistema protector a ser causa de problemas para el agua, la atmósfera, y los organismos. Al mismo tiempo se modifican sus equilibrios bio-geoquímicos y aparecen cantidades anómalas de determinados componentes que originan modificaciones importantes en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. (Bautista, 2007).

La contaminación puede aparecer como resultado de actividades industriales, agrícolas o de servicios (actuales o pasadas), aunque es el sector industrial el principal agente contaminante. La deposición de residuos sobre un terreno sin un control adecuado, las fugas de depósitos y tuberías enterradas y la práctica de algunas operaciones industriales sobre suelos mal protegidos, constituyen el origen elevado porcentaje de suelos contaminados (Bautista, 2007).

2.2.2 Calidad de Agua.

La calidad del agua se refiere a las condiciones en que se encuentra el agua respecto a características físicas, químicas y biológicas, en su estado natural o después de ser alteradas por el accionar humano. El concepto de calidad del agua ha sido asociado al uso del agua para consumo humano, entendiéndose que el agua es de calidad cuando puede ser usada sin causar daño. Sin embargo, dependiendo de otros usos que se requieran para el agua, así se puede determinar la calidad del agua para dichos usos (Orozco, Perez, Gonzales, Alfayete, & Rodriguez, 2003).

En este contexto, se considera que el agua es de buena calidad cuando está exenta de sustancias y microorganismos que sean peligrosos para los consumidores y está exenta de sustancias que transmitan sensaciones sensoriales desagradables para el consumo, como el color, el olor, el sabor o turbiedad. La importancia de la calidad del agua radica en que el agua es uno de los principales medios para la transmisión de muchas enfermedades que afectan a los humanos. (Orozco, Perez, Gonzales, Alfayete, & Rodriguez, 2003).

Entre los factores que determinan la calidad del agua están:

Factores físicos: La calidad del agua modificada por sustancias puede no ser tóxica, pero cambia el aspecto del agua, entre ellas los sólidos en suspensión, la turbidez, el color, la temperatura.

Factores químicos: Las actividades industriales generan contaminación al agua cuando hay presencia metales pesados tóxicos para los humanos tales como arsénico, plomo, mercurio y cromo. La actividad agrícola contamina cuando emplea fertilizantes que son arrastrados hacia las aguas, especialmente nitratos y nitritos. Además, el uso inadecuado de plaguicidas contribuye a contaminar el agua con sustancias tóxicas para los humanos.

Factores biológicos- bacteriológicos: Existen diversos organismos que contaminan el agua. Las bacterias son uno de los principales contaminantes del agua. Los coliformes representan un indicador biológico de las descargas de materia orgánica. Las coliformes totales no son indicadoras estrictas de contaminación de origen fecal, puesto que existen en el ambiente como organismos libres. Sin embargo, son buenos indicadores microbianos de la calidad de agua. La *escherichia coli* es la única bacteria que sí se encuentra estrictamente ligada a las heces fecales de origen humano y de animales de sangre caliente (Orozco, Perez, Gonzales, Alfayete, & Rodriguez, 2003).

La mala calidad del agua afecta muchas actividades vitales, los efectos más evidentes del uso de agua de mala calidad se refleja en enfermedades que afectan al ser humano, entre las principales enfermedades que se vinculan directamente con el agua están las de origen digestivo, diarrea, parasitismo intestinal, cólera, fiebre tifoidea y Shigelosis. Una mala calidad del agua también afecta la salud de los ecosistemas, pues la biodiversidad asociada al agua se ve afectada por la contaminación. (Orozco, Perez, Gonzales, Alfayete, & Rodriguez, 2003).

2.2.2.1 Contaminación del Agua.

La contaminación consiste en una modificación, generalmente por el hombre, de la calidad del agua, haciéndola impropia o peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca y las actividades recreativas, así como para los animales domésticos y la vida natural. La contaminación del agua es el proceso mediante el cual se agregan organismos o sustancias tóxicas que resultan inadecuadas para diferentes usos. (Orozco, Perez, Gonzales, Alfayete, & Rodriguez, 2003).

2.2.3 Plomo.

Elemento químico, Pb, número atómico 82 y peso atómico 207.19. El plomo es un metal pesado (densidad relativa, o gravedad específica, de 11.4 a 16°C (61°F)), de color azulado, que se empaña para adquirir un color gris mate. Es flexible, inelástico, se empaña para adquirir un color gris mate. Es flexible, inelástico, se funde con facilidad, se funde a 327.4°C (621.3°F) y hierve a 1725°C (3164°F). Las valencias químicas normales son 2 y 4. Es relativamente resistente al ataque de los ácidos sulfúrico y clorhídrico. Pero se disuelve con lentitud en ácido nítrico. El plomo es anfótero, ya que forma sales de plomo de los ácidos, así como sales metálicas del ácido plúmbico. El plomo forma muchas sales, óxidos y compuestos organometálicos (Bowen, 1979).

Los compuestos del plomo son tóxicos y han producido envenenamiento de trabajadores por su uso inadecuado y por una exposición excesiva a los mismos. Sin embargo, en la actualidad el envenenamiento por plomo es raro en virtud a la aplicación industrial de controles modernos, tanto de higiene como relacionados con la ingeniería. El mayor peligro proviene de la

inhalación de vapor o de polvo. En el caso de los compuestos organoplúmbicos la absorción a través de la piel puede llegar a ser significativa. Algunos de los síntomas de envenenamiento por plomo son dolores de cabeza, vértigo e insomnio. En los casos agudos, por lo común se presenta estupor, el cual progresa hasta el coma y termina en la muerte. (Garcia & Dorronsoro, 2003).

2.2.3.1 Efectos ambientales del Plomo.

Las mayores concentraciones que son encontradas en el ambiente son el resultado de las actividades humanas. El Plomo puede terminar en el agua y suelos a través de la corrosión de tuberías de Plomo en los sistemas de transportes y a través de la corrosión de pinturas que contienen Plomo. El Plomo se acumula en los cuerpos de organismos acuáticos y organismos del suelo. Estos experimentarán efectos en su salud por envenenamiento por Plomo. Los efectos sobre la salud de los crustáceos puede tener lugar incluso cuando sólo hay pequeñas concentraciones de Plomo. (Garcia & Dorronsoro, 2003).

El plomo se absorbe en el tubo gastrointestinal de forma lenta e incompleta (cuando la intoxicación se produce por vía oral) y puede absorberse en las vías respiratorias después de su inhalación. El plomo se distribuye en el cuerpo principalmente en dos reservas: una activa en la sangre y tejidos blandos y otra de almacenamiento en los huesos. Los signos y síntomas de envenenamiento por plomo pueden incluir malestar, anorexia, dolor abdominal, vómitos, irritabilidad y apatía. Las manifestaciones de este envenenamiento afectan fundamentalmente a tres sistemas: el sistema renal, el sistema nervioso central y el sistema hematopoyético. La encefalopatía por plomo se caracteriza por una instauración súbita de edema cerebral, coma y convulsiones; las secuelas pueden

comprender, retraso mental, trastornos de conducta y ocasionalmente ceguera, afasia y hemiparesia, Con respecto a la afección al sistema hematopoyético, el plomo interfiere en la síntesis del grupo hemo de la hemoglobina inhibiendo la acción de varias enzimas. (Orozco, Perez, Gonzales, Alfayete, & Rodriguez, 2003).

2.2.4 Contaminación del Suelo por Metales Pesados (Plomo).

Se considera metal pesado a aquel elemento que tiene una densidad igual o superior a 5 gr. por cm³ cuando está en forma elemental, o cuyo número atómico es superior a 20 (excluyendo a los metales alcalinos y alcalino-térreos). Su presencia en la corteza terrestre es inferior al 0,1% y casi siempre menor del 0,01%. Junto a estos metales pesados hay otros elementos químicos que aunque son metales ligeros o no metales se suelen englobar con ellos por presentar orígenes y comportamientos asociados; es este el caso del As, B, Ba y Se. (García & Dorronsoro, 2003).

Dentro de los metales pesados hay dos grupos (Garcia & Dorronsoro, 2003):

Oligoelementos o micronutrientes.- Que son los requeridos en pequeñas cantidades, o cantidades traza por plantas y animales, y son necesarios para que los organismos completen su ciclo vital. Pasado cierto umbral se vuelven tóxicos. Dentro de este grupo están: As, B, Co, Cr, Cu, Mo, Mn, Ni, Se y Zn.

Metales pesados sin función biológica conocida.- Cuya presencia en determinadas cantidades en seres vivos lleva

aparejadas disfunciones en el funcionamiento de sus organismos. Resultan altamente tóxicos y presentan la propiedad de acumularse en los organismos vivos. Son, principalmente: Cd, Hg, Pb, Cu, Ni, Sb, Bi.

2.2.4.1 *Dinámica de los metales pesados en el suelo.*

Los metales pesados incorporados al suelo pueden seguir cuatro diferentes vías: (García & Dorronsoro, 2003).

- Pueden quedar retenidos en el suelo, ya sean disueltos en la solución del suelo o bien fijados por procesos de adsorción, complejación y precipitación.
- Pueden ser absorbidos por las plantas y así incorporarse a las cadenas tróficas.
- Pueden pasar a la atmósfera por volatilización.
- Pueden movilizarse a las aguas superficiales o subterráneas.

2.2.4.2 *Movilización de Metales Pesados en el Suelo.*

Los metales pesados una vez en los suelos pueden quedar retenidos en el mismo pero también pueden ser movilizados en la solución del suelo mediante diferentes mecanismos biológicos y químicos (García & Dorronsoro, 2003).

Los factores que influyen en la movilización de metales pesados en el suelo son: Características del suelo: pH, potencial redox, composición iónica de la solución del suelo, capacidad de cambio, presencia de carbonatos, materia orgánica, textura;

naturaleza de la contaminación: origen de los metales y forma de deposición y condiciones medioambientales: acidificación, cambios en las condiciones redox, variación de temperatura y humedad. (Bautista, 2007).

2.2.4.3 Factores del suelo que afectan la acumulación y disponibilidad de los metales pesados.

La toxicidad de un agente contaminante no sólo va a depender de sí mismo sino de las características del suelo donde se encuentran. La sensibilidad de los suelos a la agresión de los agentes contaminantes va a ser muy distinto dependiendo de una serie de características edáficas. (García & Dorronsoro, 2003).

- **pH.-** Es un factor esencial. La mayoría de los metales tienden a estar más disponibles a pH ácido, excepto As, Mo, Se y Cr, los cuales tienden a estar más disponibles a pH alcalino.

El pH, es un parámetro importante para definir la movilidad del catión, debido a que en medios de pH moderadamente alto se produce la precipitación como hidróxidos. En medios muy alcalinos, pueden nuevamente pasar a la solución como hidroxicomplejos. Por otra parte, algunos metales pueden estar en la disolución del suelo como aniones solubles. Tal es el caso de los siguientes metales: Se, V, As, Cr.

- **Textura.-** La arcilla tiende a adsorber a los metales pesados, que quedan retenidos en sus posiciones de cambio. Por el contrario los suelos arenosos carecen de capacidad de fijación de los metales pesados, los cuales pasan rápidamente al subsuelo y pueden contaminar los niveles freáticos.

- **Estructura.-** Favorece la entrada e infiltración de la contaminación de metales pesados en el suelo.
- **Mineralogía de las arcillas.-** Cada especie mineral tiene unos determinados valores de superficie específica y descompensación eléctrica. Ambas características son las responsables del poder de adsorción de estos minerales. La capacidad de cambio de cationes es mínima para los minerales del grupo de la caolinita, baja para las micas, alta para las esmectitas y máxima para las vermiculitas.
- **Materia Orgánica.-** Reacciona con los metales formando complejos de cambio y quelatos. Los metales una vez que forman quelatos o complejos pueden migrar con mayor facilidad a lo largo del perfil.

La materia orgánica puede adsorber tan fuertemente a algunos metales, como es el Cu, que pueden quedar en posición no disponible por las plantas. Por eso algunas plantas, de suelos orgánicos, presentan carencia de ciertos elementos como el Cu. El Pb y el Zn forman quelatos solubles muy estables.

La complejación por la materia orgánica del suelo es una de los procesos que gobiernan la solubilidad y la bio-asimilación de metales pesados. La toxicidad de los metales pesados se potencia en gran medida por su fuerte tendencia a formar complejos organometálicos, lo que facilita su solubilidad, disponibilidad y dispersión. La estabilidad de los complejos tiende a seguir la siguiente secuencia: $\text{Cu} > \text{Fe} > \text{Mn} = \text{Co} > \text{Zn}$.

- **Capacidad de cambio.-** Es función del contenido de arcilla y materia orgánica, fundamentalmente. En general cuanto mayor sea la capacidad de intercambio catiónico, mayor será la capacidad del suelo de fijar metales. El poder de adsorción de los distintos metales pesados depende de su valencia y del radio iónico hidratado; a mayor tamaño y menor valencia, menos fuertemente quedan retenidos.
- **Condiciones redox.-** El potencial de oxidación-reducción es responsable de que el metal se encuentre en estado oxidado o reducido. Los diagramas Eh-pH se utilizan para mostrar la estabilidad de compuestos de metales pesados y proporciona un método fácil para predecir el comportamiento de los metales pesados frente a un de cambio en las condiciones ambientales. (García & Dorronsoro, 2003)

i) Cambio directo en la valencia de ciertos metales; por ejemplo, en condiciones reductoras el Fe^{3+} se transforma en Fe^{2+} , los iones reducidos son mucho más solubles.

ii) En segundo lugar, las condiciones redox pueden afectar indirectamente la movilidad de metales. Así muchos metales están asociados o adsorbidos a hidróxidos de Fe y Mn, estos no son estables a Eh bajos y se convierten en FeS o FeCO_3 dependiendo de las condiciones químicas, cuando esto ocurre los metales que estaban asociados con los hidróxidos de Fe y Mn se movilizan.

Un interesante ejemplo lo representa el diagrama Eh-pH para el Pb que reproducimos en la figura N° 6:

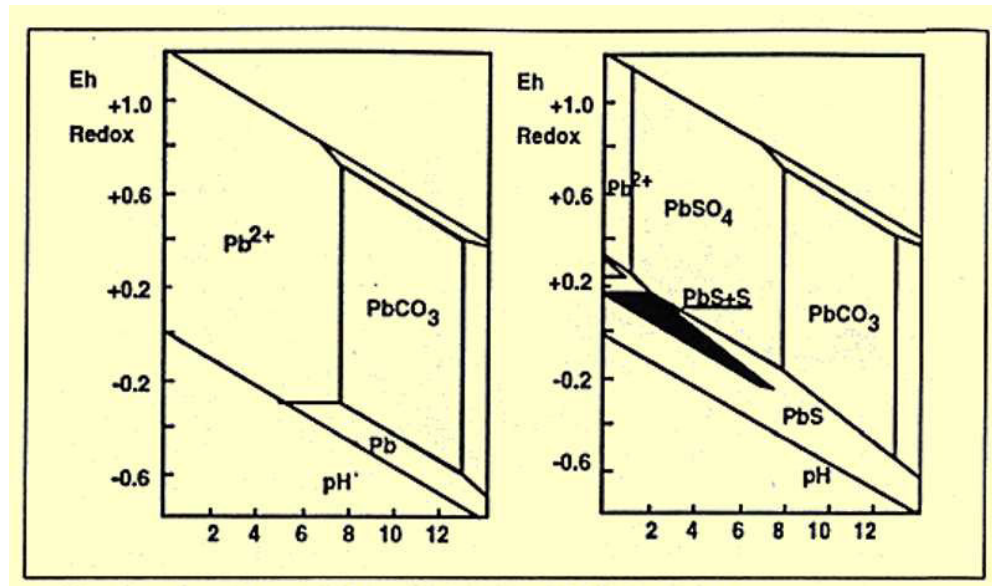


Figura N° 6: Diagrama Eh-PH para Plomo en agua dulce y agua salada.

La fase estable dominante es $PbCO_3$, que se hace más inestable si las condiciones ambientales son más ácidas. El $PbCO_3$ tiene un elevado producto de solubilidad y cuando este mineral se encuentra en aguas superficiales, se observan altas concentraciones de Pb. Por otra parte, cuando el azufre es abundante se forman los compuestos indicados en el diagrama de la derecha. Bajo condiciones reductoras (bajo Eh) el PbS es la fase estable. El sulfuro de plomo se forma en estuarios y medios marinos donde los sulfatos se reducen a sulfuros que reaccionan con plomo para formar sulfuro de plomo (insoluble). Por tanto condiciones ambientales que provoquen un aumento del potencial redox, podrían originar la inestabilidad del sulfuro de plomo, con una subida de la concentración de plomo disuelto.

- **Oxidos e hidróxidos de Fe y Mn.-** Tienen una alta capacidad de fijar a los metales pesados e inmovilizarlos. Los suelos con altos contenidos de Fe y Mn tienen una gran

capacidad de adsorber metales divalentes, especialmente Cu, Pb y en menor extensión Zn, Co, Cr, Mo y Ni.

- **Carbonatos.-** La presencia de carbonatos garantiza el mantenimiento de altos valores de pH, en los que como ya hemos visto tienden a precipitar los metales pesados. El Cd, y otros metales, presenta una marcada tendencia a quedar adsorbido por los carbonatos.

- **Salinidad.-** El aumento en salinidad puede incrementar la movilización de metales pesados por dos mecanismos. Primeramente los cationes asociados con las sales (Na, K) pueden reemplazar a metales pesados en lugares de adsorción. En segundo lugar los aniones cloruro pueden formar complejos solubles estables con metales pesados tales como Cd, Zn y Hg. Tienden a dar suelos de pH básicos.

Al ir transcurriendo el tiempo disminuye la disponibilidad de los metales, ya que se van fijando en las posiciones de adsorción más fuertes y también los geles van envejeciendo y se van volviendo más cristalinos.

En general se considera que la movilidad de los metales pesados es muy baja, quedando acumulados en los primeros centímetros del suelo, siendo lixiviados a los horizontes sub superficiales en muy pequeñas cantidades. Es por ello que la presencia de altas concentraciones en el horizonte superficial seguida de un drástico decrecimiento a los pocos centímetros de profundidad es un buen criterio de diagnóstico de contaminación antrópica.

2.2.5 Erosión de Suelos.

La erosión del suelo es la remoción del material superficial por acción del viento o del agua. El proceso se presenta gracias a la presencia del agua en las formas: pluvial (lluvias) o de escorrentía (escurrimiento), que en contacto con el suelo (las primeras con impacto y las segundas con fuerzas tractivas), vencen la resistencia de las partículas (Fricción o cohesión) del suelo generándose el proceso de erosión. (Orozco, Perez, Gonzales, Alfayete, & Rodriguez, 2003).

Los protagonistas principales de la erosión son: el impacto de las gotas de lluvia que genera el desprendimiento por salpicadura, compacta el suelo, reduciendo la infiltración y aumentando la escorrentía; la capacidad hidráulica del flujo superficial sobre una pendiente capas de acarrear los sedimentos. (Guerrero, 1998)

2.2.5.1 Erosión hídrica.

Es la erosión por agua de lluvia y abarca la erosión provocada por el impacto de las gotas sobre el suelo desnudo, como también la acción hidráulica que arranca y transporta las partículas de suelo por el escurrimiento en laderas y taludes. (Bautista, 2007)

- a. *Saltación pluvial.* El impacto de las gotas de lluvia en el suelo desprovisto de vegetación y expuesto, ocasiona el desalojo y arrastre del suelo fino. El impacto compacta el suelo disminuyendo la permeabilidad e incrementando la escorrentía.

- b. *Esgurrimiento superficial difuso*. Comprende la erosión laminar sobre laderas desprovistas de vegetación y afectadas por la saltación pluvial, que estimulan el escurrimiento del agua arrastrando finos. El escurrimiento difuso ocurre cuando la velocidad del agua es menor de $30 \text{ cm} \times \text{seg}^{-1}$.
- c. *Esgurrimiento superficial concentrado*. Produce dos formas, los surcos de erosión (canales bien definidos y pequeños), y las cárcavas, que son canales o zanjones de mayor magnitud. Cuando el flujo se hace turbulento, la energía del agua es suficiente para labrar canales paralelos o anastomados, llamados surcos. Más profundos y anchos que los surcos son las cárcavas, por las que circula agua durante y poco después de los aguaceros.
- d. *Esgurrimiento sub-superficial*. Las aguas infiltradas ocasionan la tubificación y el sifonamiento del suelo, formando cavidades, en donde la fuerza de infiltración ha superado la resistencia del suelo.

2.2.5.2 Remoción en masa.

El término abarca un conjunto de procesos debidos a la transportación directa de materiales, por la acción de la gravedad, sin que medie un agente de transporte (hielo, agua, viento). (ITGE, 1995)

- a. **Desplazamiento en masa**. Es la movilización descendente del material, en estado plástico o elástico, del interfluvio hacia la vaguada y en forma rápida o lenta.

- b. Transporte en masa. Son movimientos de rápidos a muy rápidos de mezclas viscosas de agua y materiales térreos, que avanzan a lo largo de los cauces o sobre las depresiones del terreno y valles de salida de las corrientes.

2.2.6 Restauración y Remediación de Suelos.

A la vista de la diversidad de problemas que plantea la contaminación de aguas subterráneas y suelos, las alternativas para su solución o mitigación son muy variadas, y en la actualidad prosigue el desarrollo de nuevas posibilidades basadas en diversas tecnologías. Las técnicas concretas aplicables se pueden clasificar en tres grandes grupos: técnicas de confinamiento, técnicas de tratamiento *in situ* y técnicas de tratamiento *ex situ*. (USEPA, 2012).

2.2.6.1 Técnicas de confinamiento.

Se basan en el aislamiento de los suelos contaminados, de forma que su objetivo básico es evitar que esa contaminación se transfiera lateralmente. Por lo general son de aplicación cuando la contaminación está muy localizada y no resulta viable ninguna de las demás alternativas. El aislamiento o confinamiento se basa, en cualquier caso, en la construcción de **barreras**, que pueden ser de muy diversos tipos: (ITGE, 1995).

- *Barreras de lodo.*
- *Lechada de cemento.*
- *Barreras químicas.*
- *Membranas sintéticas.*

2.2.6.2 Técnicas de tratamiento *in situ*.

Las técnicas de tratamiento *in situ* son las que se aplican sin necesidad de trasladar el suelo o el agua subterránea afectados por el problema. Suelen ser de utilidad cuando el problema afecta a un volumen muy importante del suelo, que haga inviable su aislamiento y su tratamiento *ex situ*, o cuando éste supone un coste económico que lo hace inviable, ya que el tratamiento *in situ* suele implicar un menor coste económico. El tratamiento *in situ* puede ser de dos tipos: biológico o físico-químico. (USEPA, 2012).

Las técnicas de remediación *in situ* de carácter físico-químico incluyen la: Atenuación natural controlada, Barreras reactivas permeables, Extracción con vapor y aireación del suelo, *Flushing in situ*, Tratamientos térmicos, Oxidación química y Fracturación. Las técnicas de remediación *in situ* de carácter **biológico** son dos: *biorremediación* y *fitorremediación*. (USEPA, 2012).

La biorremediación.- Consiste en utilizar microorganismos (bacterias) para resolver o mitigar el problema, y es especialmente efectiva en el tratamiento de contaminantes orgánicos, incluido el petróleo. Para que las bacterias puedan eliminar las sustancias químicas dañinas, el suelo y las aguas subterráneas deben tener la temperatura, los nutrientes y la cantidad de oxígeno apropiados, esas condiciones permiten que las bacterias crezcan y se multipliquen, y asimilen más sustancias químicas. Cuando las condiciones no son las adecuadas, las bacterias crecen muy despacio o mueren, o incluso pueden crear sustancias químicas más dañinas. (ITGE, 1995)

La biorremediación es muy segura, ya que depende de microbios que existen normalmente en los suelos. Esos microbios son útiles y no representan un peligro para las personas en el sitio o la comunidad. Además, no se emplean sustancias químicas peligrosas. Los nutrientes que se añaden para que las bacterias crezcan son fertilizantes de uso corriente en el césped o el jardín. La biorremediación transforma las sustancias químicas dañinas en agua y gases inofensivos y, por lo tanto, las destruye totalmente. (ITGE, 1995)

La fitorremediación.- Es una técnica biológica, que corresponden a distintas posibilidades de aplicación de las plantas a la remediación de problemas producidos por la contaminación. (ITGE, 1995) (ver cuadro N° 2).

2.2.6.3 Fitorremediación.

La más común y tradicional de las formas de fitorremediación es la revegetación de terrenos afectados por actividades mineras, que se considera como una fitoestabilización básica. En este caso, la presencia de plantas atenúa los efectos de dispersión de los materiales por el viento o el agua, evitando parcialmente la emisión de los contaminantes que contiene. Para esta técnica pueden emplearse plantas de las denominadas ruderales, que son capaces de desarrollarse sobre suelos muy degradados, iniciando la colonización de éstos, para acelerar el proceso, es necesario recubrir la escombrera con suelo vegetal que facilite el empleo de plantas más comunes. (Chaney, Ying-Ming, & Homer, 1995).

Cuadro N° 2: Tipos de fito-remediación.

Ventajas	Limitaciones
Fitoextracción	
Consiste en el empleo de plantas hiperacumuladoras, capaces de extraer los metales pesados contenidos en el suelo.	
La planta debe ser capaz de producir biomasa abundante en poco tiempo.	Las hiperacumuladoras de metales suelen ser de crecimiento lento, poco bioproductivas y con sistema radicular somero. La biomasa producida hay que almacenarla o procesarla adecuadamente.
Fitoestabilización	
Consiste en el uso de plantas metalófitas endémicas/nativas y de mejoradores de sustrato adecuados para estabilizar física y químicamente sustratos ricos en metales.	
Hace innecesaria la excavación / eliminación del suelo, es menos costosa y menos agresiva. Mejora las posibilidades de restauración del ecosistema.	A menudo requiere fertilización o modificación del suelo. Requiere mantenimiento del suelo a largo plazo, para evitar la formación de lixiviados.
Fitovolatilización	
Consiste en la extracción del contaminante del suelo por la planta y su emisión a la atmósfera a través de su sistema metabólico.	
Transforma los contaminantes en formas menos tóxicas.	El contaminante o un derivado tóxico pueden acumularse en la vegetación, pasando a frutos o partes comestibles.
Fitofiltración / rizofiltración	
Consiste en el uso de plantas terrestres y acuáticas para absorber, concentrar, y precipitar contaminantes de medios acuáticos.	
Puede ser “in situ” o “ex situ”, y es aplicable tanto en sistemas terrestres como acuáticos.	El pH del medio debe controlarse en continuo para optimizar la captación del metal. Es necesario controlar procesos de especiación e interacciones entre especies que puedan darse en el medio. Funciona como un biorreactor, y requiere mantenimiento intensivo.

Fuente: (ITGE, 1995)

En minería resulta de gran interés la fitoextracción, (Figura 7), en este caso, la planta absorbe los metales pesados del suelo, siempre y cuando se encuentren en formas biodisponibles (en disolución, o formando complejos orgánicos), los incorpora a su metabolismo. En la mayor parte de los casos el resultado es una acumulación del metal pesado en la planta (raíces, tallos, hojas, frutos). (Chaney, Ying-Ming, & Homer, 1995).

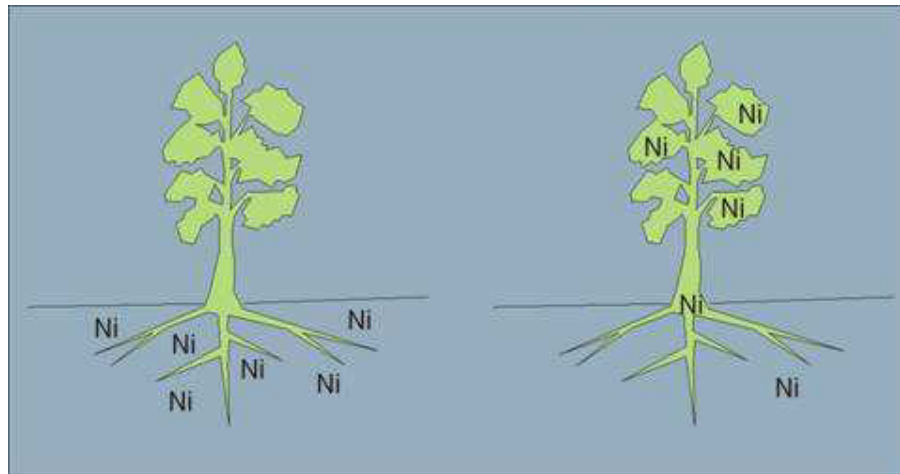


Figura N° 7: Base conceptual de la Fito-extracción.

Las raíces de algunas plantas son capaces de actuar como barreras frente a los metales pesados. En estos casos se produce una acumulación del metal pesado en la corteza de la raíz, puesto que éstos son arrastrados junto con el agua hasta ésta, y ahí quedan detenidos y acumulados. También pueden favorecer reacciones de transformación del contaminante en sustancias químicas menos dañinas, mediante la acción de los organismos o bacterias que viven en las raíces de las plantas. (ITGE, 1995)

La ventaja más notable de la fitorremediación radica en su bajo coste. Los métodos clásicos de remediación para sustancias

solubles (caso más barato) cuestan en el entorno de 100.000 a 1.000.000 de Euros por hectárea. Por el contrario, la fitorremediación tiene un coste entre 200 y 10.000 Euros por hectárea. (Chaney, Ying-Ming, & Homer, 1995)

2.2.6.4 Fitoextracción.

La fitoextracción es una tecnología de largo plazo, que puede requerir de varios ciclos de cultivo para reducir la concentración de los contaminantes a niveles aceptables. El tiempo requerido depende de la concentración y el tipo de contaminante(s), de la duración del periodo de crecimiento y de la eficiencia de remoción de la especie utilizada y puede tomar entre uno y 20 años (Chaney, Ying-Ming, & Homer, 1995)

Plantas Hiperacumuladoras de Metales Pesados.

La mayor parte de las plantas tienden solamente a absorber los metales que son esenciales para su supervivencia y desarrollo. Existe una notable excepción de esta regla de un pequeño grupo de plantas que pueden tolerar, absorber y translocar altos niveles de ciertos metales, estas plantas reciben el nombre de hiperacumuladoras, que son miembros de las familias *Brassicaceae* y *Fabaceae*. (Chaney, Ying-Ming, & Homer, 1995)

Los pastos son el género más adecuado para la fitorremediación de formas orgánicas e inorgánicas de metales, por su hábitat de crecimiento y adaptabilidad a una variedad de condiciones edáficas y climáticas, las *Asteraceae* se ha reportado por ejemplo tolerancia al plomo, el *Sonchus oleraceus* se le ha propuesto como especie fitoremediadora de ambientes

contaminados con este metal. El girasol (*Helianthus annuus* L.) es la especie que absorbe los metales pesados en mayor cantidad acumulándose más en sus raíces que en sus brotes si se cosecha la biomasa entera de la planta, por lo que se considera una planta hiperacumuladora favorable en la fitoextracción de Cd, Zn, Pb y elementos radiactivos (Chaney, Ying-Ming, & Homer, 1995)

2.2.6.5 *La atenuación natural controlada*

Se basa en el aprovechamiento y potenciación de los procesos naturales para eliminar o reducir la contaminación en los suelos y las aguas subterráneas. La atenuación natural tiene lugar en la mayoría de las áreas contaminadas, pero para que se produzca a ritmo suficiente como para que se pueda considerar un mecanismo efectivo de descontaminación deben darse las condiciones adecuadas en el subsuelo para que se produzca la descontaminación de forma efectiva. De no ser así, la eliminación de la contaminación no será ni lo suficientemente rápida ni completa. (USEPA, 2012)

Cuando el medio ambiente se halla contaminado con sustancias químicas, la naturaleza las elimina por cuatro vías: (USEPA, 2012)

1. Acción bacteriana: las bacterias que viven en el suelo y en las aguas subterráneas utilizan algunas sustancias químicas como alimento. Cuando las sustancias químicas están completamente digeridas, las transforman en agua y en gases inofensivos.
2. Sorción: Las sustancias químicas se pegan o sorben al suelo, que las fija al lugar. De ese modo no se eliminan las

sustancias químicas pero sí se impide que contaminen las aguas subterráneas y que escapen del lugar, al menos mientras las condiciones físico-químicas del suelo permanezcan estables.

3. Mezcla y dilución: Al pasar las aguas subterráneas a través del suelo, la contaminación se puede mezclar con el agua limpia. De ese modo se diluye la contaminación
4. Evaporación: Algunas sustancias químicas, como el petróleo y los solventes, se evaporan, lo que significa que se convierten de líquidos a gases dentro del suelo. Además, si esos gases escapan al aire en la superficie del terreno, la luz del sol puede destruirlos.

La atenuación natural controlada funciona con mayor eficacia en los sitios donde se ha eliminado previamente la fuente de contaminación. Con posterioridad, los procesos naturales se deshacen de la pequeña cantidad de contaminación que queda en el suelo y en las aguas subterráneas. El suelo y las aguas subterráneas se examinan con regularidad para garantizar que hayan quedado limpios. (USEPA, 2012).

2.2.6.6 Técnicas ex situ.

Estas técnicas tienen en común que el suelo es removido de su lugar original, y tratado en una planta externa, para la eliminación del contaminante mediante una variedad de técnicas disponibles. Tras el tratamiento, el suelo puede ser devuelto a su lugar original, siempre y cuando se verifique que está completamente descontaminado. Se conocen las siguientes técnicas: (USEPA, 2012).

- **Desorción térmica:** basada en el calentamiento del suelo en una “unidad de desorción”.
- **Lavado del suelo:** basado en el empleo de detergentes y en la separación granulométrica de las fracciones más finas (siempre más contaminadas, por la mayor capacidad de sorción de las arcillas) de las más gruesas: arena, siempre más limpia, y más fácil de limpiar.
- **Extracción con solventes:** Basada en el empleo de productos disolventes, que son muy efectivos en determinados contaminantes.

Finalmente, cuando no hay otra alternativa, el suelo se excava y se lleva a un almacenamiento de residuos tóxicos y peligrosos para su disposición final.

2.3 Marco Legal.

La presente Tesis ha sido elaborada teniendo como marco legal la normativa ambiental vigente, la cual se resume en el siguiente cuadro N° 3:

Cuadro N° 3: Resumen Marco Legal.

Marco Legal General		
Instrumento Legal	Fecha	Descripción
Constitución Política del Perú	1993	Título III, Capítulo II “Del Ambiente y los Recursos Naturales”.
Ley N° 28245	08/06/04	Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental.
Ley N° 28611	13/09/05	Ley General del Ambiente.
D.L. N° 1055	27/06/08	Modificación de la Ley General del Ambiente.
Ley N° 29263	01/10/08	Modificación de la Ley General del Ambiente.
Ley N° 26842	20/07/97	Ley General de Salud.
Ley N° 29338	23/03/09	Ley de Recursos Hídricos.
D.S. N° 001-2010-AG	14/01/10	Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos
Normas de Calidad Ambiental		
D.S. N° 002-2008-MINAM	31/07/08	Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua
D.S. N° 002-2013-MINAM	25/03/13	Estándares de Calidad Ambiental para suelo
D.S. N° 015-2015-MINAM	19/12/15	Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua

Fuente: Elaboración propia (2016).

3 METODOLOGÍA.

3.1 Unidad de análisis y Población de estudio.

Para la presente tesis la unidad de análisis se encuentra en la ciudad de La Oroya que se encuentra ubicada en la sierra central del Perú a 3700 msnm a una distancia de 175 km. de Lima aproximadamente. (Figura N° 8). Es una ciudad que se ha desarrollado sin criterios de planificación al lado del complejo metalúrgico del mismo nombre, por lo que su centro histórico está frente al Complejo. La ciudad está enclavada en una cadena de montañas que son atravesadas por la Carretera Central y el río Mantaro y por ello ha adquirido forma alargada y estrecha. La Oroya es una ciudad densamente poblada, debido a la configuración geográfica de la ciudad de La Oroya, la cuenca atmosférica integra los distritos de La Oroya y Santa Rosa de Sacco, cuya cobertura poblacional asciende a 29 903 personas (INEI, 2007).

La unidad de análisis en sí son los suelos superficiales de la ciudad de La Oroya Antigua que es la zona aledaña al Complejo Metalúrgico, se muestran en la figura N° 9 (área violeta), están considerados dentro de la unidad de análisis los suelos de las calles, jardines, riberas de río, laderas de los cerros, polvo de los techos, patios, etc. El agua del río Mantaro también está comprendido en la unidad de análisis, solo al tramo correspondiente de La Oroya Antigua.

La población de estudio está comprendida por el plomo contenido en los suelos de La Oroya Antigua y el plomo contenido en el tramo del río Mantaro que pasa por La Oroya.

TESIS

"Suelos Contaminados con Plomo en la ciudad de La Oroya y su impacto en la calidad del agua del río Mantaro"

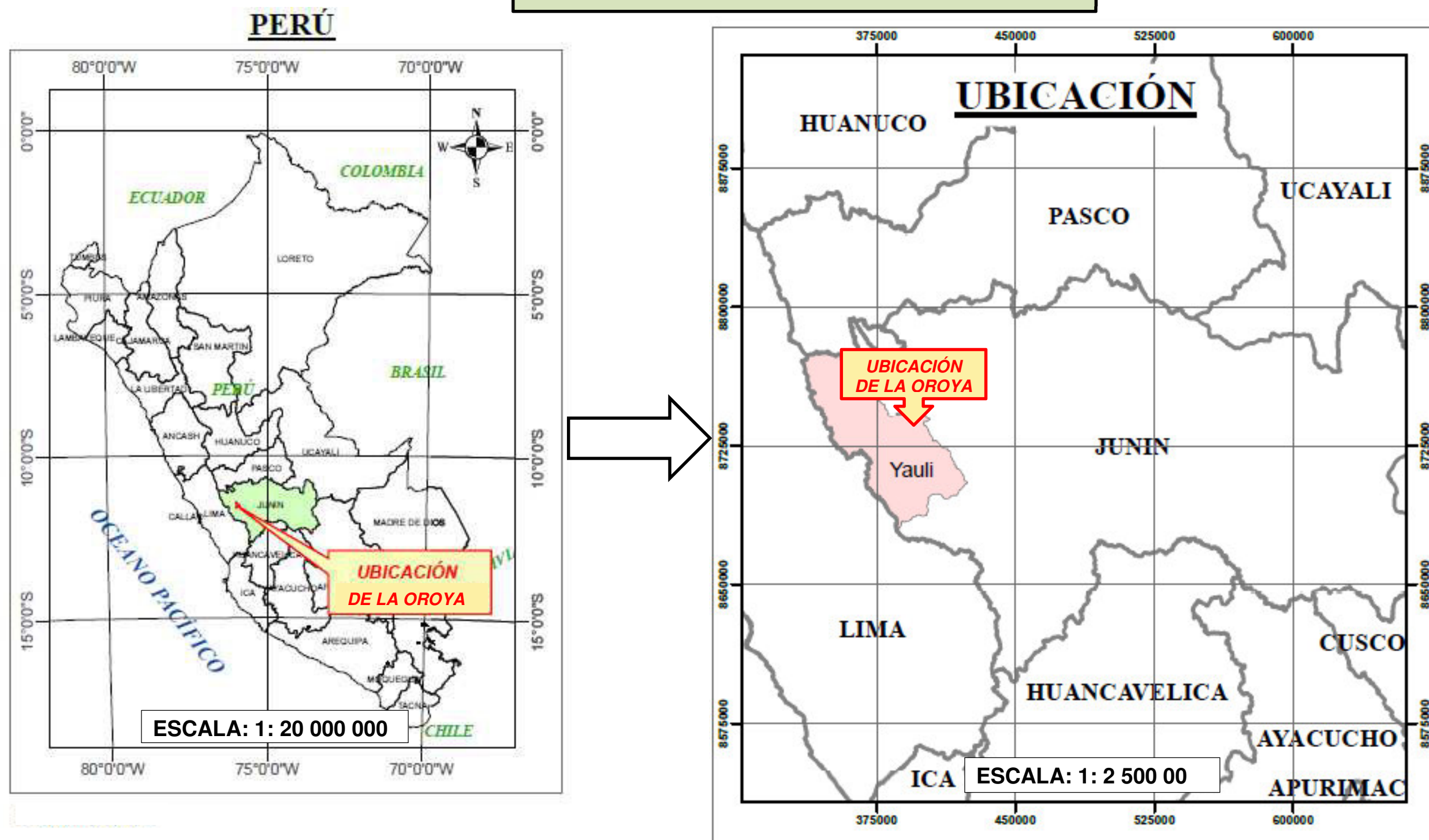


Figura N° 8: Ubicación de La Oroya en el Perú

Fuente: Instituto Geográfico Nacional – IGN

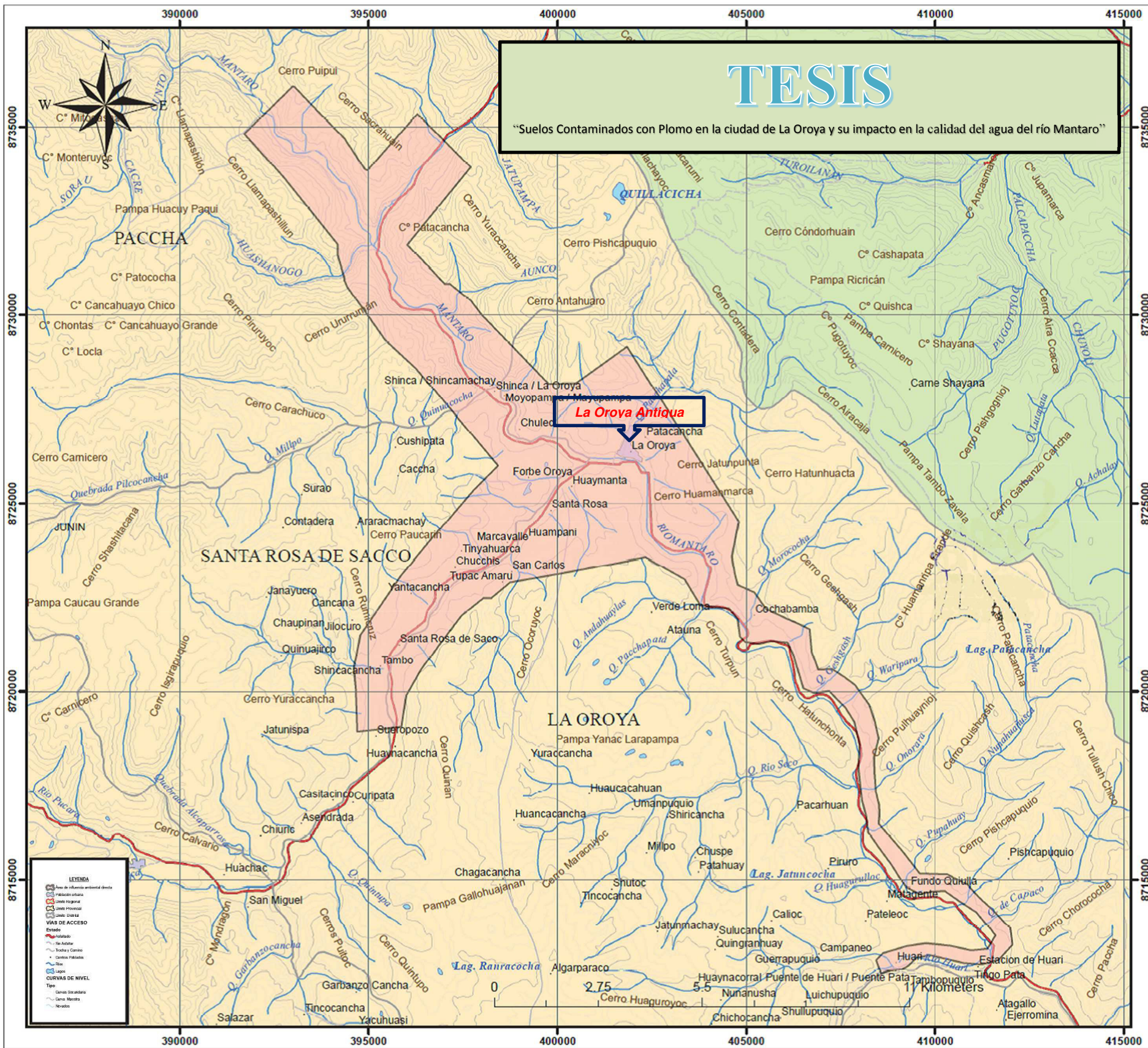


Figura N° 9: Ubicación de La Oroya Antigua.

Fuente: Cartografía Nacional Escala 1:100 000 - IGAG Doe Run Perú.
Sistema de Coordenadas: WGS 1984 UTM Zone 18S.

3.2 Tamaño de muestra.

Para determinar las dimensiones del muestreo de suelos, se tomó en cuenta la guía de muestreo de suelos del MINAM, específicamente el muestreo de identificación.

El muestreo de identificación tiene por objetivo investigar la existencia de contaminación del suelo a través de la obtención de muestras representativas con el fin de establecer si el suelo supera o no los Estándares de Calidad Ambiental y/o los valores de fondo de acuerdo a lo establecido en el D.S. N° 002-2013-MINAM.

Cuadro N° 4: Determinación del número de muestras de Suelo.

Área de potencial interés (Ha)	Puntos de muestreo en total
0,1	4
0,5	6
1	9
2	15
3	19
4	21
5	23
10	30
15	33
20	36
30	40
40	42
50	44
100	50

Fuente. Ministerio del Ambiente (2014).

El cuadro N° 4 muestra el número de muestras óptimo que se debe de tomar para un determinada área de estudio.

El Área de Interés para el muestreo fueron los suelos de La Oroya Antigua debido a que históricamente ha venido siendo contaminada como se muestra en la sección 2.1 (Antecedentes). El contaminante que se analizó como ya conocemos fue el plomo dado su potencial de interés toxicológico o eco-toxicológico.

Para la determinación de la dimensión del muestreo del agua se tomó en cuenta el protocolo de monitoreo de calidad sanitaria de los recursos hídricos de aguas superficiales de DIGESA.

La ubicación de los puntos de muestreo para el agua del rio Mantaro cumplió con los criterios de accesibilidad y representatividad no fueron zonas de embalse ni turbulencias. Las muestras de agua que se tomaron fueron de tipo “simples”, La **muestra simple** proporciona información sobre la calidad en un punto y momento dado.

3.3 Selección de puntos de muestreo.

El número total de muestras que se determinó fue en función a la población de estudio. En el caso de La Oroya Antigua que tiene un área aproximada de 10 hectáreas corresponden 30 muestras (ver cuadro N° 4), en nuestro caso se consideraron 15 puntos de muestreo esto por el difícil acceso, pero por duplicado para así lograr las 30 muestras que recomienda el MINAM, los puntos de muestreo se grafican en la Figura N° 10., La cantidad de suelo que se recolectó por cada muestra fue de 1Kg también por recomendación de la guía de muestreo suelos del MINAM.

Para el agua se ha determinado tres puntos de muestreo, aguas arriba, en la zona media de impacto y el tercer punto aguas abajo, en el cuerpo de agua del río Mantaro.

El punto de muestreo aguas arriba fue ubicado lo suficientemente distante para asegurarse que no exista influencia de alguna descarga de un efluente líquido para determinar en qué nivel están afectando los suelos contaminados al cuerpo receptor que en nuestro caso es el río Mantaro.

La ubicación del punto de muestreo aguas abajo está en el punto en el que la descarga producto de las lluvias se haya mezclado completamente con el agua receptora. Figura N° 10.

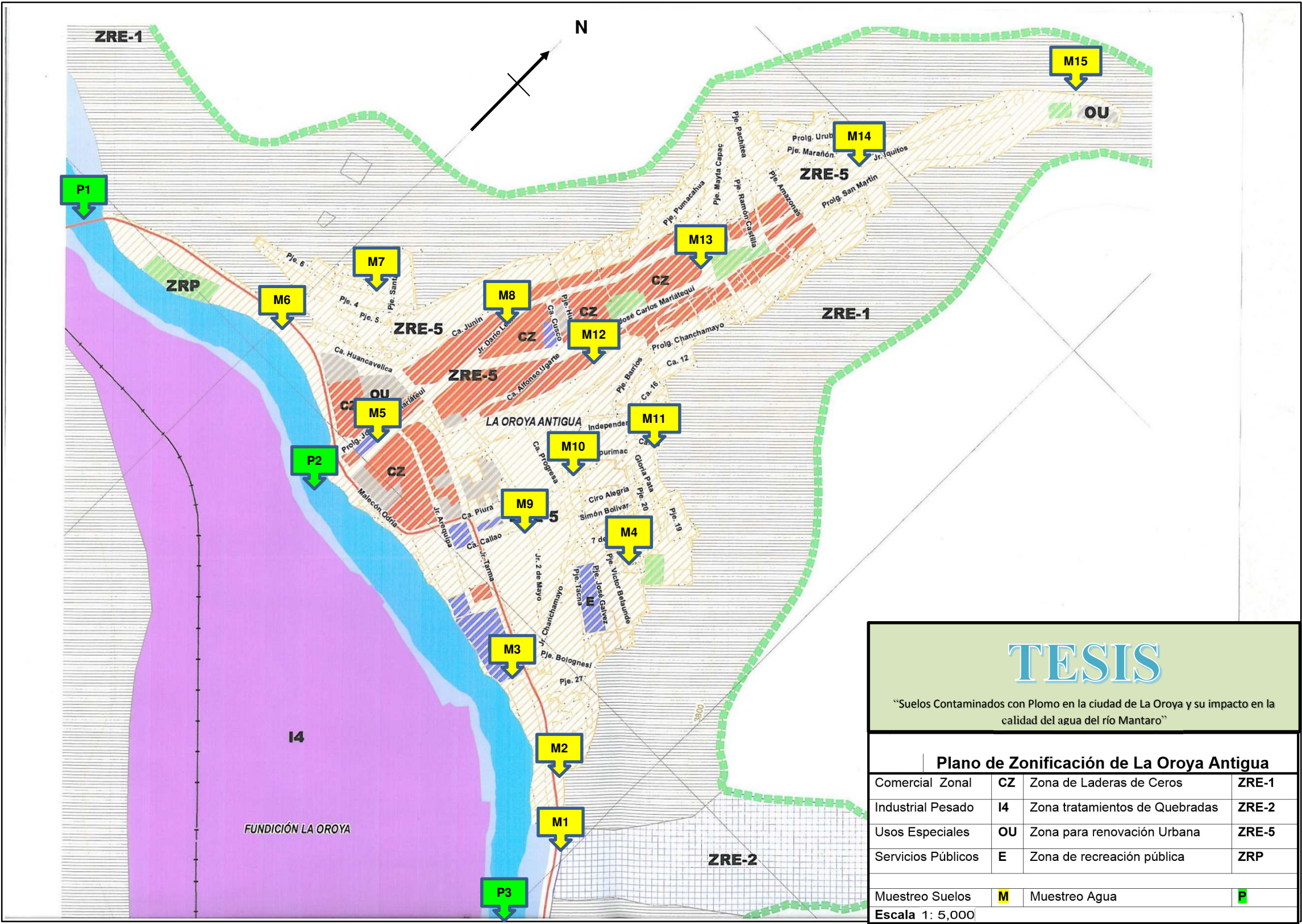


Figura N° 10: Ubicación de los puntos de muestreo de Suelos y Aguas en La Oroya.

Fuente: Plano Municipalidad provincial de La Oroya - Información Temática: Elaboración Propia 2015

3.4 Materiales, Equipo y Método.

3.4.1 Materiales.

Para la recolección de muestras de suelo se utilizó los siguientes materiales:

- Bolsas de plástico resistentes para las muestras.
- Plumón Indeleble punta gruesa.

Para la recolección de muestras de agua se utilizó lo siguiente:

- 100 ml. de ácido nítrico concentrado.
- Frascos de plástico de boca ancha de un litro de capacidad para las muestras
- Plumón indeleble punta fina
- Cinta de embalaje.
- Alambre delgado largo de 10 m para sujetar las muestras.

3.4.2 Equipo.

Para la recolección de muestras de suelos se utilizó el siguiente equipo:

- Muestreador de suelo de superficie.
- Brocha para limpieza.

Para la recolección de muestras de suelos se utilizó el siguiente equipo:

- Gotero largo.
- Cooler grande para transporte de muestras
- Phmetro de campo.

3.4.3 Método de Recolección de Datos

La Oroya Antigua, fue seleccionado para la toma de muestras por estar muy cercano a la fundición (aproximadamente a 0.6 Km.). Con tres meses de anticipación, se contactó con algunos residentes para solicitar el ingreso a áreas cercanas a sus viviendas por donde no hay transito personal.

Para minimizar la posibilidad de obtener muestras en áreas contaminadas por plomo proveniente de la gasolina, se realizaron esfuerzos para obtener muestras que se encuentren por lo menos a una cuadra de lugares con alto tráfico de automóviles que es la carretera central (Figura 10).

El muestreo fue llevado acabo, en dos periodos durante el año, periodo seco (mayo-octubre) y periodo lluvioso (noviembre- abril) de acuerdo al cuadro N° 5. En los periodos lluviosos se hizo lo posible de tomar muestras de agua luego de una lluvia.

Cuadro N° 5: Fechas de muestreos de suelo y Agua.

Periodo	meses	Muestreo agua y suelo
Periodo seco 2013	Mayo 2013/ octubre 2013	15 Julio 2013
Periodo lluvioso 2014	Noviembre 2013/ abril 2014	19 Enero 2014
Periodo seco 2014	Mayo 2014/ octubre 2014	14 Julio 2014
Periodo lluvioso 2015	Noviembre 2014/ abril 2015	18 Enero 2015
Periodo seco 2015	Mayo 2015/ octubre 2015	16 Julio 2015

Fuente. Elaboración Propia. (2016).

En los cuadros N° 6 y N° 7 se muestran los puntos de muestreo para suelo y agua de río Mantaro respectivamente.

Cuadro N° 6: Puntos de Muestreo de Suelo.

Muestra Nro.	Coordenadas UTM 18T		altitud
	E	N	m.s.n.m.
1	402365	8725698	3723
2	402227	8726097	3733
3	402083	8726086	3724
4	402111	8726351	3773
5	401707	8726211	3726
6	401415	8726259	3726
7	401504	8726401	3795
8	401714	8726427	3728
9	401887	8726277	3723
10	401967	8726373	3749
11	402096	8726469	3814
12	401860	8726614	3746
13	401804	8726746	3740
14	401950	8726966	3778
15	402035	8727247	3795

Fuente: Elaboración Propia (2016)

Cuadro N° 7: Puntos de Muestreo Agua Rio Mantaro.

Lugar muestreo	Coordenadas UTM	
	E	N
Pt1: puente carretera	401707	8726211
Pt2: puente cascabel	401692	8726162
Pt3:puente huanchán	402353	8724646

Fuente. Elaboración Propia (2016).

3.4.3.1 Técnica de muestreo de Suelos.

Para la toma de muestras superficiales se aplicó sondeos manuales. Este sistema es relativamente fácil, rápido de usar y de bajo costo, siendo poca la cantidad de suelo que se extrae con esta técnica. (Ministerio del Ambiente, 2014)

- Al muestrear se ubicó el muestreador en posición perpendicular al suelo. Previamente se retiraron antes del muestreo, piedras y restos de plantas.
- Se limpió con una brocha el muestreador y los accesorios de muestreo para evitar que el equipo provoque contaminación entre las diferentes muestras.
- Se lavó con agua el muestreador y los accesorios de muestreo, entre muestra y muestra.
- La cantidad de muestra fue de más de un kilogramo por cada muestra.

3.4.3.2 Técnica de muestreo de aguas.

Para la toma de muestras en el río Mantaro se tomó en consideración las recomendaciones dadas por DIGESA. Evitando las áreas de turbulencia excesiva, considerando la profundidad, la velocidad de la corriente y la distancia de separación entre ambas orillas. El procedimiento que se ha considerado es el siguiente:

- La toma de muestra se realizó en el centro de la corriente a una profundidad de 0.50 m. Desde los puentes que atraviesan el río usando un muestreador colgado por un cable
- La toma de muestras, se realizó en dirección opuesta al flujo del río.
- Se utilizó frascos de plástico de boca ancha con tapas herméticas limpios de un litro de capacidad
- Se adicionó unas cinco gotas de HNO_3 concentrado en cada muestra de agua como preservante para lograr un $\text{pH} < 2$ y así poder almacenar las muestras hasta 2 meses.
- Una vez preservada las muestras los frascos se cerraron herméticamente.
- Los recipientes se identificaron antes de la toma de muestra con una etiqueta, protegida con cinta de embalaje conteniendo la siguiente información:

- 1.- Código de identificación.
- 2.- Descripción del punto de muestreo.
- 3.- Fecha y hora de la toma de la muestra.
- 4.- Preservación realizada, tipo de preservante utilizado.
- 5.- Tipo de análisis requerido.
- 6.- Nombre del responsable del muestreo.

Se llevaron al laboratorio de análisis, con su ficha de muestreo y ficha de cadena de custodia al laboratorio de la facultad de Ingeniería Agrícola de Universidad Nacional Agraria La Molina y al laboratorio de Doe Run Perú S.R.L. Los resultados se muestran en el Anexo N° 4.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1 Presentación de resultados.

4.1.1 Resultados muestreo Suelos:

Se tomaron quince muestras de suelo por duplicado durante cinco periodos de tiempo, las cuales se llevaron al laboratorio de Ingeniería Agrícola de la Universidad Agraria La Molina para análisis de plomo, siguiendo el procedimiento descrito en el punto 3.4.3.1, los resultados se muestran en los siguientes cuadros: N° 8, N° 9, N° 10, N° 11 y N° 12.

Cuadro N° 8: Resultados muestreo suelos, Periodo seco 2013.

Muestra Nro.	Coordenadas UTM 18T		altitud	Plomo suelo
	E	N	m.s.n.m.	mg/Kg
1	402365	8725698	3723	9010
2	402227	8726097	3733	4990
3	402083	8726086	3724	4020
4	402111	8726351	3773	3280
5	401707	8726211	3726	2830
6	401415	8726259	3726	4970
7	401504	8726401	3795	1840
8	401714	8726427	3728	2160
9	401887	8726277	3723	3850
10	401967	8726373	3749	3250
11	402096	8726469	3814	2660
12	401860	8726614	3746	1140
13	401804	8726746	3740	1270
14	401950	8726966	3778	630
15	402035	8727247	3795	480

Fuente. Elaboración propia 2016).

Cuadro N°9: Resultados muestreo suelos, Período lluvioso 2014

Muestra Nro.	Coordenadas UTM 18T		altitud	Plomo suelo
	E	N	m.s.n.m.	mg/Kg
1	402365	8725698	3723	8220
2	402227	8726097	3733	4080
3	402083	8726086	3724	3630
4	402111	8726351	3773	3070
5	401707	8726211	3726	2340
6	401415	8726259	3726	1560
7	401504	8726401	3795	1750
8	401714	8726427	3728	1950
9	401887	8726277	3723	3360
10	401967	8726373	3749	2940
11	402096	8726469	3814	2570
12	401860	8726614	3746	1030
13	401804	8726746	3740	1280
14	401950	8726966	3778	520
15	402035	8727247	3795	440

Fuente: Elaboración propia (2016)

Cuadro N° 10: Resultados muestreo suelos, periodo seco 2014

Muestra Nro.	Coordenadas UTM 18T		altitud	Plomo suelo
	E	N	m.s.n.m.	mg/Kg
1	402365	8725698	3723	8710
2	402227	8726097	3733	4990
3	402083	8726086	3724	3970
4	402111	8726351	3773	3380
5	401707	8726211	3726	2940
6	401415	8726259	3726	1910
7	401504	8726401	3795	1730
8	401714	8726427	3728	2270
9	401887	8726277	3723	4080
10	401967	8726373	3749	3070
11	402096	8726469	3814	3740
12	401860	8726614	3746	1360
13	401804	8726746	3740	1350
14	401950	8726966	3778	640
15	402035	8727247	3795	520

Fuente: Elaboración propia (2016).

Cuadro N° 11: Resultados muestreo suelos, Periodo lluvioso 2015.

Muestra Nro.	Coordenadas UTM 18T		altitud	Plomo suelo
	E	N	m.s.n.m.	mg/Kg
1	402365	8725698	3723	8120
2	402227	8726097	3733	3980
3	402083	8726086	3724	3730
4	402111	8726351	3773	3070
5	401707	8726211	3726	2340
6	401415	8726259	3726	2560
7	401504	8726401	3795	1840
8	401714	8726427	3728	1860
9	401887	8726277	3723	3450
10	401967	8726373	3749	1950
11	402096	8726469	3814	2660
12	401860	8726614	3746	1240
13	401804	8726746	3740	1270
14	401950	8726966	3778	530
15	402035	8727247	3795	430

Fuente: Elaboración propia (2016)

Cuadro N° 12: Resultados muestreo suelos: Periodo seco 2015.

Muestra Nro.	Coordenadas UTM 18T		altitud	Plomo suelo
	E	N	m.s.n.m.	mg/Kg
1	402365	8725698	3723	8840
2	402227	8726097	3733	3910
3	402083	8726086	3724	4020
4	402111	8726351	3773	3280
5	401707	8726211	3726	3030
6	401415	8726259	3726	1820
7	401504	8726401	3795	1830
8	401714	8726427	3728	2370
9	401887	8726277	3723	4340
10	401967	8726373	3749	3360
11	402096	8726469	3814	2550
12	401860	8726614	3746	1150
13	401804	8726746	3740	1160
14	401950	8726966	3778	440
15	402035	8727247	3795	320

Fuente. Elaboración Propia (2016)

4.1.2 Resultados muestreo Agua.

Como se muestra en la Figura N° 10 se tuvo 3 puntos de muestreo P1, P2 y P3; del punto P3 se tomaron muestras mensuales durante 3 años, las muestras fueron llevadas al laboratorio de la UNALM. siguiendo el procedimiento descrito en el punto 3.4.3.2, los resultados se muestran en el cuadro: N° 13.

Cuadro N° 13: Resultados de muestreo de Aguas pt. Huanchan

Mes	Pb en agua (mg/L) 2013	Pb en agua (mg/L) 2014	Pb en agua (mg/L) 2015
Enero	0.109	0.127	0.118
Febrero	0.091	0.113	0.092
Marzo	0.119	0.137	0.128
Abril	0.061	0.073	0.062
Mayo	0.038	0.047	0.039
Junio	0.012	0.013	0.011
Julio	0.017	0.018	0.019
Agosto	0.033	0.042	0.031
Setiembre	0.048	0.057	0.049
Octubre	0.072	0.083	0.071
Noviembre	0.081	0.103	0.082
Diciembre	0.099	0.117	0.108
<i>Promedio Lluvioso</i>	<i>0.037</i>	<i>0.043</i>	<i>0.037</i>
<i>Promedio Seco</i>	<i>0.093</i>	<i>0.112</i>	<i>0.098</i>

Fuente: Elaboración propia (2016)

De los puntos P1, P2 los muestreos fueron semestrales las fechas se indican en el cuadro Nro 5, las muestras fueron llevadas al laboratorio de la empresa Doe Run Perú, siguiendo el procedimiento descrito en el punto 3.4.3.2, los resultados se muestran en los cuadros: N°14, N° 15, N° 16, N° 17 , N° 18 y N°

Cuadro N° 14: Resultados muestreo agua. Periodo lluvioso 2013.

Lugar de muestreo	Pb mg/L
Pt1: puente carretera	0.031
Pt2: puente cascabel	0.049
Pt3:puente huanchan	0.093

Fuente. Elaboración propia (2016)

Cuadro N° 15: Resultados muestreo agua. Periodo seco 2014.

Lugar de muestreo	Pb mg/L
Pt1: puente carretera	0.012
Pt2: puente cascabel	0.018
Pt3:puente huanchan	0.043

Fuente. Elaboración propia (2016)

Cuadro N° 16: Resultados Muestreo Agua. Periodo lluvioso 2014

Lugar de muestreo	Pb mg/L
Pt1: puente carretera	0.032
Pt2: puente cascabel	0.058
Pt3:puente huanchan	0.112

Fuente. Elaboración propia (2016)

Cuadro N° 17: Resultados Muestreo Agua. Periodo seco 2015.

Lugar de muestreo	Pb mg/L
Pt1: puente carretera	0.013
Pt2: puente cascabel	0.017
Pt3:puente huanchan	0.037

Fuente. Elaboración propia (2016).

Cuadro N° 18: Resultados Muestreo Agua. Periodo lluvioso 2015

Lugar muestreo	Pb mg/L
Pt1: puente carretera	0.033
Pt2: puente cascabel	0.057
Pt3:puente huanchan	0.098

Fuente. Elaboración propia (2016)

Cuadro N° 19: Muestreo Agua. Antes y después lluvia fuerte

Muestreo	Pb mg/L
Fecha: 18 enero 2015	Lluvia 17 mm
Antes de lluvia Pt3: puente Huanchan.	0.089
Inmediatamente Despues de lluvia. Pt3: puente Huanchan	1.012
5Despues de lluvia. Pt3:puente Huanchan.	0.098

Fuente. Elaboración propia (2016)

4.2 Análisis, Interpretación y Discusión de Resultados.

4.2.1 Análisis e Interpretación Resultados Suelos.

Los resultados del muestreo de los cuadros N° 8, N° 9, N° 10, N° 11 y N°12 sirvieron para elaborar el mapa de distribución de plomo en toda el área de La Oroya Antigua, donde se puede observar que el plomo en los suelos supera el ECA suelo para vivienda que es de 140 mg/Kg.

Se utilizó el software geoestadístico Isatis versión 7, y el software Sgems version 3.1 para los variogramas. Para lo cual se siguieron los siguientes pasos.

Primero: Se determinó las estadísticas básicas con su respectivo histograma. Cuyo resultado se muestran en la Figura N° 11.

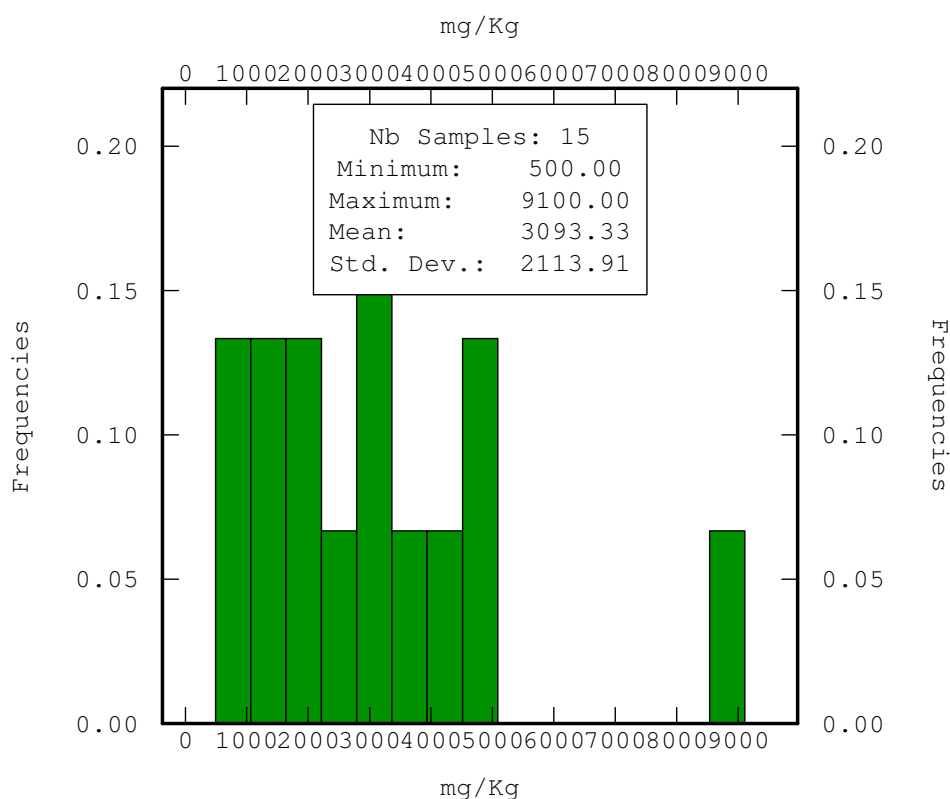


Figura N° 11: Histograma datos muestreo de suelo.

En la Figura N° 11 (histograma) se observa que la mayoría de las muestras tomadas en La oroya son menores de 5000 g/Kg hay una muestra que supera los 9000 g/Kg.

Paso 2: Se determinó variogramas 2D (área) donde no se considera z (altitud), ya que son datos de contaminación

superficiales (área) obtuviéndose una familia de variogramas con el software Sgems, estos variogramas sirvieron para la elaboración del mapa de contaminación por el método *kriage*. (método de estimación geoestadístico).

Paso 3: Determinación del mapa base de distribución del plomo en la ciudad de La Oroya con el software Isatis, que se puede observar en la Figura N° 12.

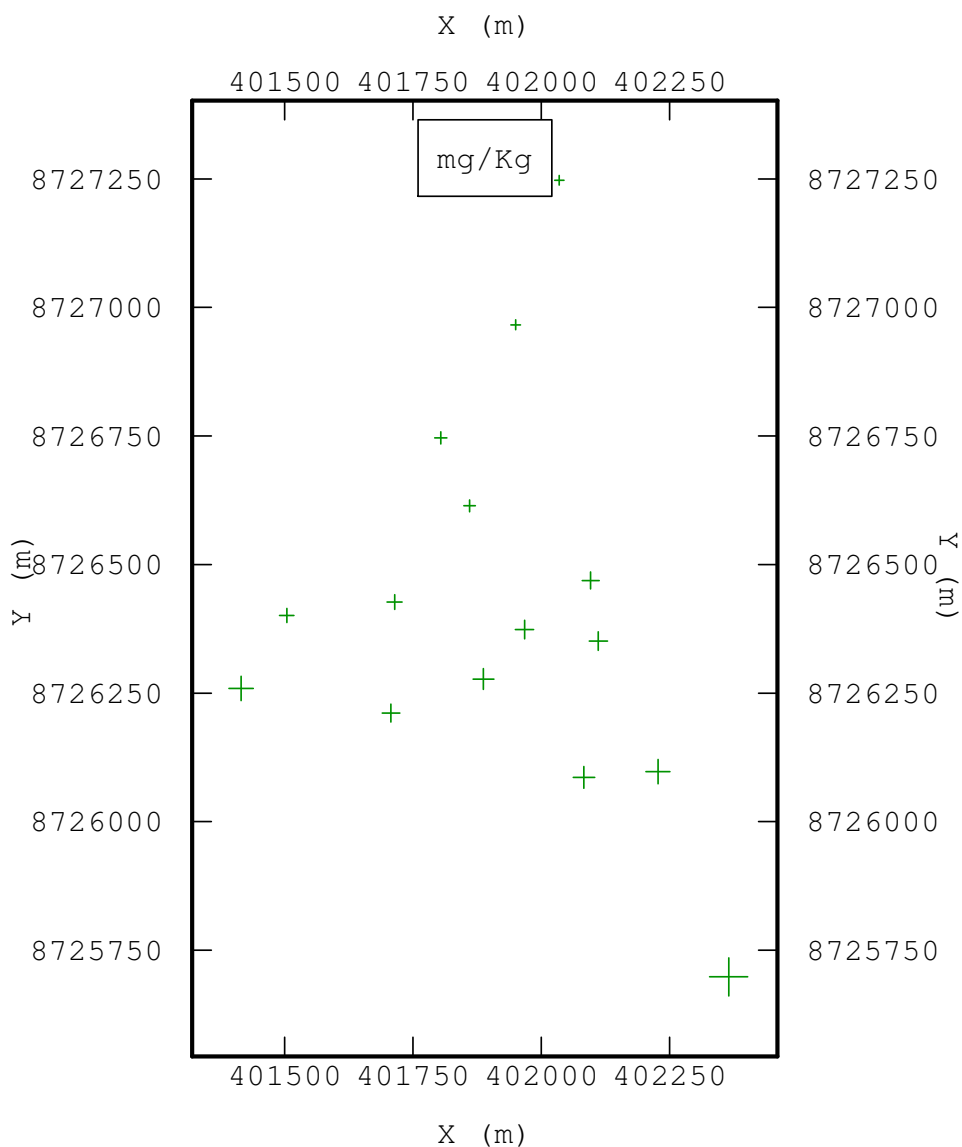


Figura N° 12: Mapa Base de la distribución de Plomo.

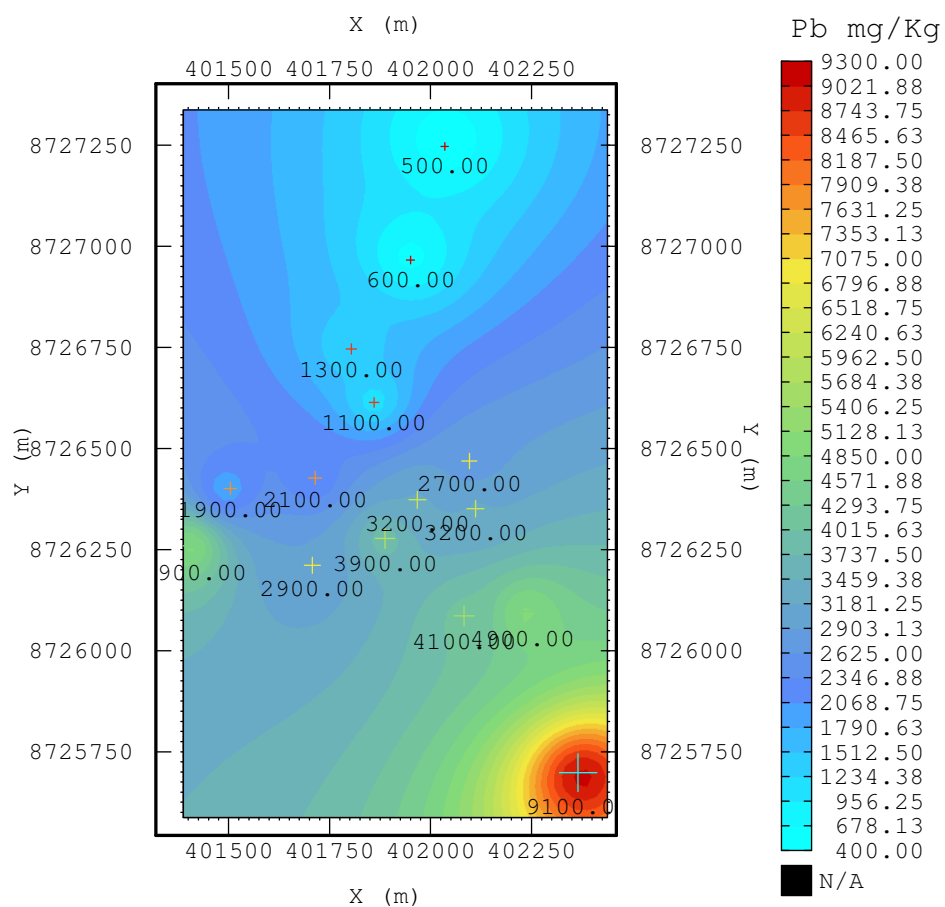


Figura N° 13: Distribución de Plomo en la ciudad de la oroya.

Finalmente se elaboró el mapa de distribución de plomo estimado de La Oroya Antigua utilizando el software Isatis que se muestra en la Figura N° 13. Donde se observa que el plomo contenido en los suelos de La Oroya supera el ECA suelo para vivienda que es de 140 mg/Kg y de la misma forma supera el ECA suelo industrial que es de 1200 mg/Kg.

4.2.2 Análisis e Interpretación Resultados Agua.

De los resultados del muestreo de aguas, la calidad del agua del Rio Mantaro que pasa al frente de La Oroya Antigua se ve afectada en cuanto al contenido de plomo promedio incrementándose en la Oroya Antigua de 0.01 mg/L hasta 0.04 mg/L en periodos secos, y de 0.03 mg/l hasta 0.11 mg/l en periodos lluviosos, superando el ECA agua para mantener vida acuática que es 0.0025 mg/L en periodo seco, y superando el ECA para riego y bebida de animales que es de 0.05 mg/L en épocas de lluvia.

Para una mejor interpretación de los resultados del contenido de plomo en el agua del río Mantaro se dividió el área de muestreo de La Oroya Antigua en dos microcuencas para determinar dónde va escurrir el agua producto de las precipitaciones.

El agua producto de las precipitaciones pluviales en el que se encuentran los puntos de muestreo de suelos N°1, N°2, N°3 y N°4 desembocan al río antes del punto de muestreo de agua P3, delimitados con línea roja en la figura N°14.

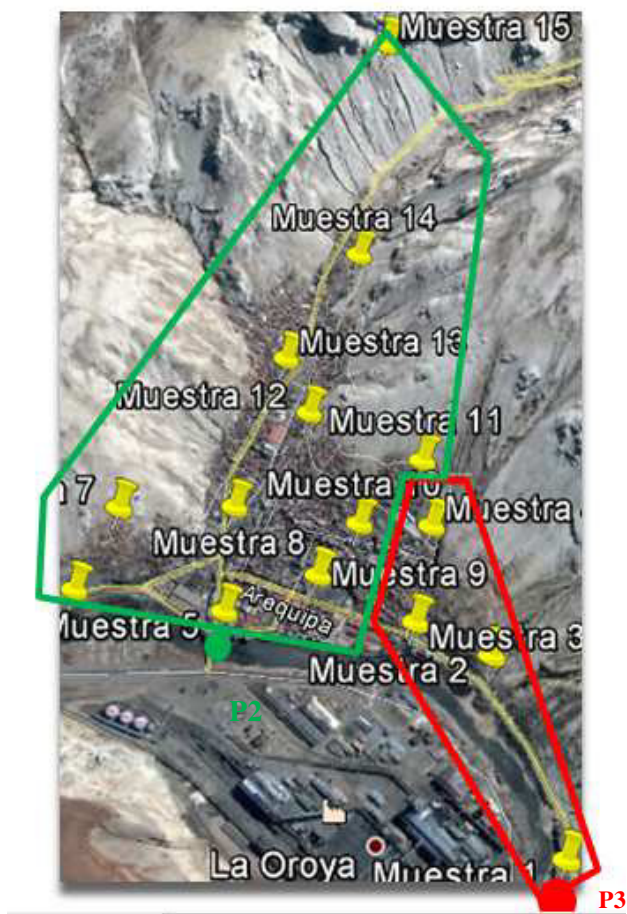


Figura N° 14: División de la Oroya Antigua en microcuencas

El agua producto de las precipitaciones que caen sobre los puntos de muestreo de suelos N°5, N°6, N°7, N°8, N°9, N°10, N°11, N°12, N°13, N°14 y N°15 desembocan al río antes del punto de muestreo de agua P2 delimitados con línea verde en la figura N° 14.

Tomando en consideración las microcuencas que se muestran en la Figura N° 14 y recolectando los datos de los cuadros de resultados de muestreo de suelos N° 8, N° 9, N°10, N°11 y N°12 así como los cuadros de resultados de muestreo de aguas N° 14, N° 15, N° 16, N° 17 N° 18 y N° 19. Se elaboraron los siguientes cuadros N° 20 y N° 21.

Cuadro N° 20: Incremento de plomo en el rio en periodo seco.

Año	Promedio Pb Pts. muestreo. 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 mg/Kg.	Promedio Pb Pts. muestreo. 1, 2, 3, 4 mg/Kg.	Incremento de Pb en pt.muestreo agua P2 mg/L.	Incremento de Pb en pt. muestreo agua P3 mg/L.
2013	2229	4906	0.008	0.018
2014	2150	5263	0.006	0.025
2015	2036	5013	0.004	0.020

Fuente. Elaboración propia (2016)

Cuadro N° 21: Incremento de plomo en el rio en periodo lluvioso.

Año	Promedio Pb Pts. muestreo. 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 mg/Kg.	Promedio Pb Pts. muestreo. 1, 2, 3, 4 mg/Kg.	Incremento de Pb en pt.muestreo agua P2 mg/L.	Incremento de Pb en pt. muestreo agua P3 mg/L.
2013	1700	4690	0.018	0.044
2014	1795	4750	0.026	0.054
2015	1832	4725	0.024	0.041

Fuente. Elaboración propia (2016)

Si se toma los datos del cuadro N° 23 para relacionar los promedios de plomo en el suelo (mg/Kg) con los incrementos de plomo en la calidad del rio Mantaro en periodos secos se obtiene un gráfico que se muestra en la figura N° 15.

De la misma forma tomando los datos del cuadro N° 24 Relacionando los promedios de plomo en el suelo (mg/Kg) con los incrementos de plomo en la calidad del rio Mantaro que pasa por la ciudad de La Oroya Antigua en el periodo lluvioso se obtiene la Figura N° 16.

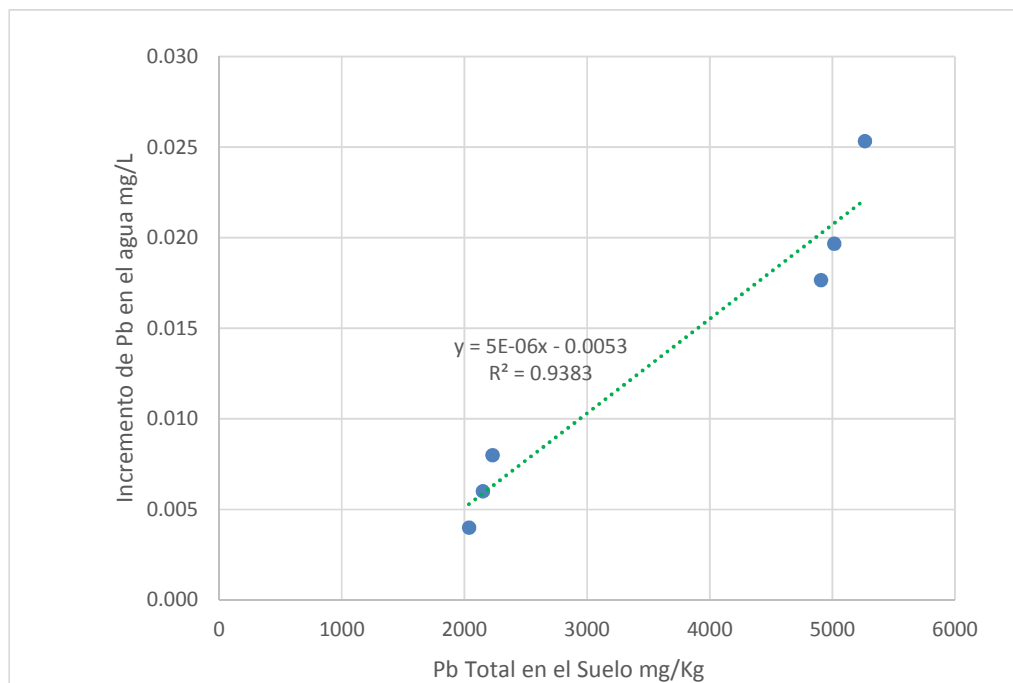


Figura N° 15: Incremento de plomo en el rio Mantaro en periodo seco

En la figura N° 14 y en la figura N° 15, se observan que el incremento de plomo en el rio es proporcional a la cantidad de plomo presente en los suelos de la Oroya tanto en periodo seco como en periodo lluvioso, el contenido de plomo en el rio es mayor en periodo lluvioso mientras que el contenido de plomo en el suelo es ligeramente menor en el mismo periodo, lo que nos indica que el plomo es lavado de manera superficial y que es transferido al rio Mantaro.

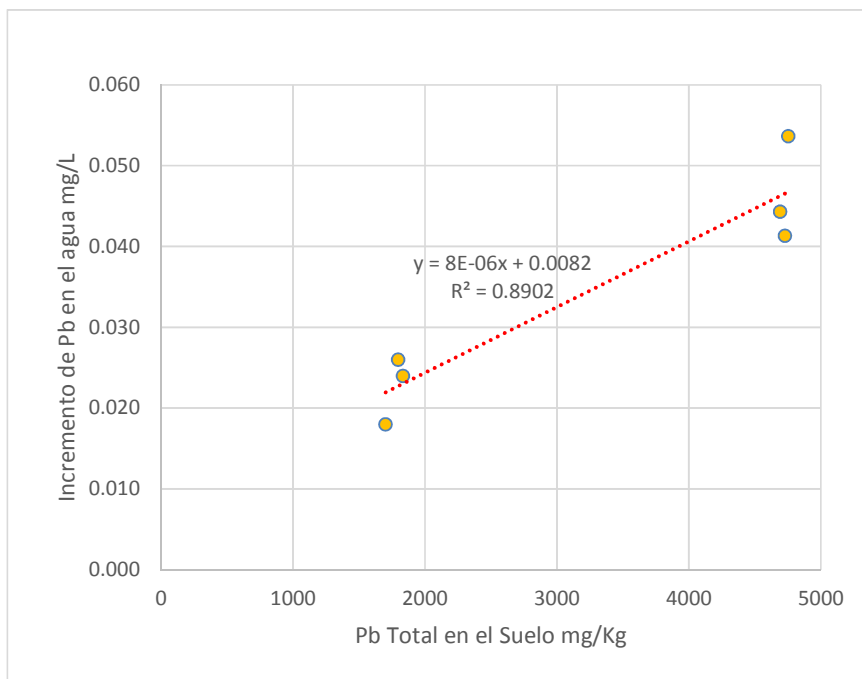


Figura N° 16: Incremento de plomo en el río Mantaro en periodo lluvioso.

Los coeficientes de correlación de las líneas de tendencia de las Figuras 14 y 15 son mayores a 0.89 lo que significa que son valores significativos estadísticamente por lo que se puede concluir que se acepta la hipótesis general del presente trabajo de tesis que manifiesta que “El plomo en los suelos de La Oroya Antigua impactan en la calidad del agua del río Mantaro aumentando el contenido de plomo en el Río Mantaro en La Oroya- Junín”.

De la distribución de plomo en toda la ciudad de La Oroya Antigua (Figura N° 13) se infiere que: el plomo contenido en el suelo superficial de la ciudad de La Oroya se encuentra distribuido en toda el área urbana llegando a valores tan altos que en algunos casos puntuales sobrepasan los 9000 mg/Kg. superando en todo sentido el Estándar de Calidad del suelo Peruano para vivienda

como también el ECA para suelos comerciales, industriales y extractivos que son de 140 mg/Kg, y 1200 mg/Kg. respectivamente.

4.2.3 Análisis y Discusión: Precipitación Vs. Calidad de Agua río Mantaro

Se ha tomado como referencia los datos de precipitación de los registros de la Estación La Oroya. En cuanto a la precipitación máxima en 24 horas, los rangos están comprendidos entre 8.3 mm a 17.3 mm/día (Ver Cuadro N° 22).

Respecto a las precipitaciones medias acumuladas mensuales se tiene un mínimo de 7.80 mm/mes en invierno y un máximo de 70.15 mm/mes en verano. Para las precipitaciones acumuladas anuales se tienen mínimos de 126 mm/año y máximos de hasta 769 mm/año. Promedio de la precipitación máxima en 24 horas (mm) – Estación La Oroya.

En la Figura N° 17 se puede apreciar las comparaciones con más detalle, desde los meses de Mayo a Agosto se tienen los acumulados mensuales más bajos y mientras que entre los meses de Noviembre a Marzo se tienen los niveles más altos de precipitaciones en casi todas las estaciones consideradas.

Cuadro N° 22: Registros de Precipitación de Estación La Oroya (mm).

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom
1972	13	10	17	15	2	3	6	3	9	17	10	15	10.0
1973	10	14	22	14	13	5	14	19	11	18	31	15	15.3
1974	18	11	11	16	1	6	0	11	5	10	5	6	8.3
1975	16	21	23	9	11	3	2	6	9	14	28	65	17.3
1976	24	12	18	7	5	12	4	3	13	8	7	9	10.2
1977	16	9	8	25	10	1	5	1	4	3	24	18	10.3
1978	13	20	11	11	4	6	4	5	15	15	16	9	10.8
1979	11	14	18	11	8	0	1	2	3	17	10	17	9.3
1980	12	22	14	4	8	7	5	5	5	8	13	13	9.7
1981	11	17	14	4	4	2	0	32	7	18	23	11	11.9
1982	28	21	25	14	1	7	1	3	13	24	14	32	15.3
1983	13	6	17	6	2	10	3	5	11	24	10	13	10.0
1984	18	12	15	17	3	6	1	5	7	17	18	10	10.8
1985	10	15	15	11	4	7	6	2	7	9	13	15	9.5
1986	11	19	17	15	13	0	4	30	11	11	9	8	12.3
1987	14	21	23	12	7	10	14	8	8	21	36	21	16.3
1988	21	14	15	11	5	0	1	0	11	16	21	17	11.0
1989	19	32	12	9	9	2	2	11	13	15	28	33	15.4
1990	21	7	8	12	12	20	5	14	13	14	16	12	12.8
1991	13	10	25	8	10	10	2	0	23	16	10	16	11.9
1992	16	6	4	12	1	4	4	11	6	12	11	20	8.9
1993	13	12	17	16	4	12	6	5	15	34	22	21	14.8
1994	18	16	22	55	7	1	0	6	13	7	8	22	14.6
1995	19	20	14	15	4	0	4	2	6	6	8	20	9.8
1996	10	17	31	13	6	1	6	5	6	8	12	12	10.6
1997	20	21	6	24	6	2	1	2	19	24	9	17	12.6
1998	23	17	10	33	1	12	0	0	3	25	11	10	12.1
1999	17	20	16	14	1	2	10	0	9	10	14	19	11.0
Promedio	16.5	15.8	15.7	14.4	5.8	5.2	3.9	6.9	10.0	15.6	15.1	17.3	11.9

Fuente: IGAC Doe Run Perú (2012).

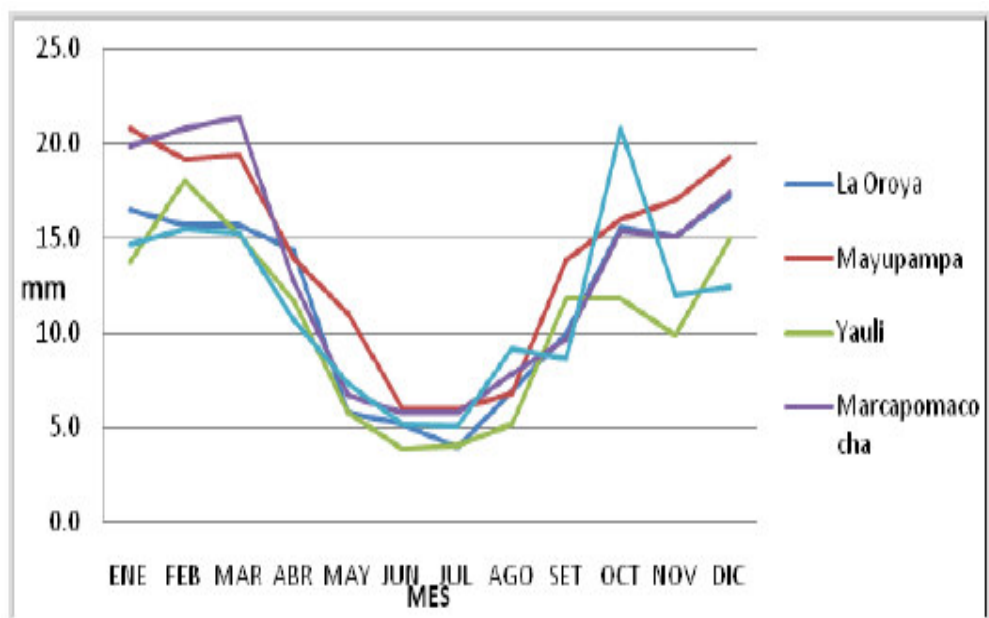


Figura N° 17: Acumulados Mensuales de Precipitaciones Estación La Oroya.

Las precipitaciones medias acumuladas mensuales están en el orden desde 0.0 mm/mes en invierno a 230.2 mm/mes en verano. Para las precipitaciones acumuladas anuales se tienen mínimos de 801.9 mm/año y máximos de hasta 1231.7 mm/año. (Ver Cuadro N° 23 y Figura N° 18).

Cuadro N° 23 : Precipitaciones Acumuladas Mensuales y Anuales (mm).

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
2006	164.5	92.7	180.3	76.7	16.2	20.5	8.8	38	54.4	71.3	128.3	199	1050.7
2007	132.6	116.9	230.2	76.0	39.0	0.0	4.1	18.5	63.5	102	76.0	106	964.8
2008	190.5	125.6	116.1	37.0	6.9	7.4	4.7	16.4	26.1	119	42.2	110	801.9
2009	161.3	202.9	137.8	91.2	64.2	6.6	11.2	33.3	0.0	134	187.2	202	1231.7
2010	183.8	148.4	181.3	76.1	15.7	7.6	0.9	9.6	33.7	77.5	56.1	195	985.7
2011	201.2	169.7	194.6	122	22.0	0.0	13.0	19.6	103.1	51.7	139.0	168	1203.9
2012	124	177	140	123	22.4	17.0	18.2	11.9	52.5	82.3	124.2	165	1057.5
Promedio	165.4	147.6	168.6	86.0	26.6	8.4	8.7	21.0	47.6	91.1	107.6	163.6	1042.3

Fuente: IGAC Doe Run Perú (2012)

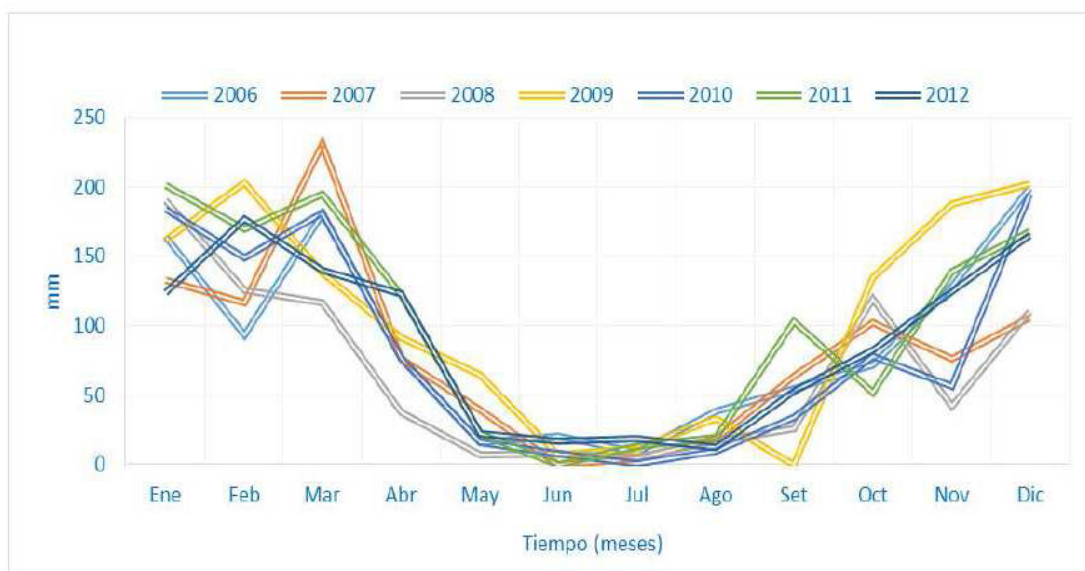


Figura N° 18: Precipitación Promedio Mensual Acumulada.

Para comprobar la hipótesis específica Nro. 2 de la presente tesis que manifiesta que “Las precipitaciones pluviales se relacionan con el plomo presente en el agua del río Mantaro aumentando la cantidad de este metal en el agua.” Se creó el cuadro N° 24 que recoge los datos de los cuadros N° 13 y N° 23 que son los datos mensuales de plomo en el agua del río Mantaro y la precipitación promedio mensual respectivamente

Cuadro N° 24: Relación entre Precipitaciones y Plomo en el río Mantaro.

Mes	Precipitación Acumulada Promedio (mm)	Pb en agua pt. Huanchan mg/L
Enero	165.4	0.12
Febrero	147.6	0.10
Marzo	168.6	0.13
Abril	86	0.07
Mayo	26.6	0.04
Junio	8.4	0.01
Julio	8.7	0.02
Agosto	21	0.03
Setiembre	47.6	0.05
Octubre	91.1	0.08
Noviembre	107.6	0.09
Diciembre	163.6	0.11

Fuente. Elaboración propia (2016).

Los datos del cuadro N° 24 se relacionan y se grafican las variables precipitación acumulada mensual promedio (mm) (X) Vs. Plomo en el agua río Mantaro (Y) (Figura 20) y se obtiene una curva de tendencia polinomial de 3er. orden que se puede observar en la figura N° 20, el coeficiente de correlación $R^2 = 0.98$. que es un valor

muy aceptable que indica que la variable plomo en el río Mantaro está en función directa de las precipitaciones (lluvias) que se presentan en la ciudad de La Oroya.

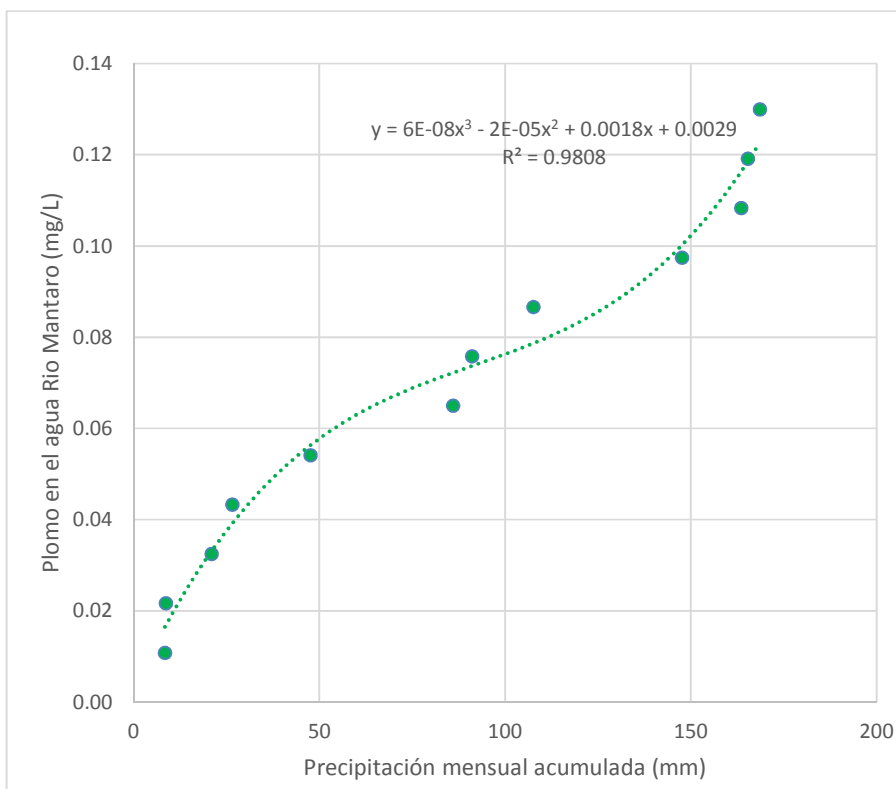


Figura N° 19 : Correlación entre Precipitaciones y Plomo en el río Mantaro.

4.2.4 Análisis y Discusión: Velocidad y Frecuencia de vientos Vs. Calidad de agua río Mantaro

Los vientos son el movimiento de aire en la superficie terrestre y es generado por la acción de gradientes de presión atmosférica producida por el calentamiento diferencial de las superficies y masas de aire. De otro lado, las dos características fundamentales

del viento son la dirección (punto del horizonte de donde viene el viento) y la velocidad (espacio recorrido por unidad de tiempo - m/s, km/h).

La estación Sindicato está ubicada en la misma ciudad de La Oroya frente al Complejo Metalúrgico, de la figura N° 16 se puede concluir que la dirección predominante del viento es desde el suroeste para las diferentes épocas del año, además en los meses de abril a junio se presenta vientos del noreste.

La velocidad de viento media mensual es ligeramente más elevado en época seca, específicamente en los meses de Agosto y Septiembre, mientras que los más bajos se muestran en época de lluvia, específicamente en los meses de Enero, Febrero y Marzo. Todas las estaciones poseen un comportamiento similar, con poca variabilidad con valores de velocidad media mensual entre 1.70 y 2.92 m/s. Cuadro N°25.

Cuadro N° 25: Velocidad de viento promedio 1998-2014 - La Oroya.

c	Ene m/s	Feb m/s	Mar m/s	Abr m/s	May m/s	Jun m/s	Jul m/s	Ago m/s	Set m/s	Oct m/s	Nov m/s	Dic m/s
G-9	2.14	2.31	2.31	2.21	2.26	2.33	2.39	2.61	2.63	2.33	2.19	2.07
G-8	1.84	1.80	1.70	1.76	2.00	2.19	2.24	2.41	2.27	2.11	1.97	1.89
G-7	1.99	1.96	1.94	1.88	1.90	1.94	2.07	2.19	2.29	2.17	1.97	1.99
G-5	2.32	2.26	2.32	2.51	2.55	2.63	2.65	2.67	2.69	2.36	2.39	2.16
G-4	2.64	2.44	2.41	2.40	2.45	2.50	2.62	2.87	2.90	2.87	2.76	2.61
G-3	2.61	2.42	2.44	2.58	2.66	2.68	2.70	2.89	2.89	2.76	2.77	2.59
G-1	2.44	2.35	2.31	2.36	1.90	2.49	2.68	2.92	2.90	2.81	2.71	2.35

Fuente: IGAC Doe Run Perú S.R.L.

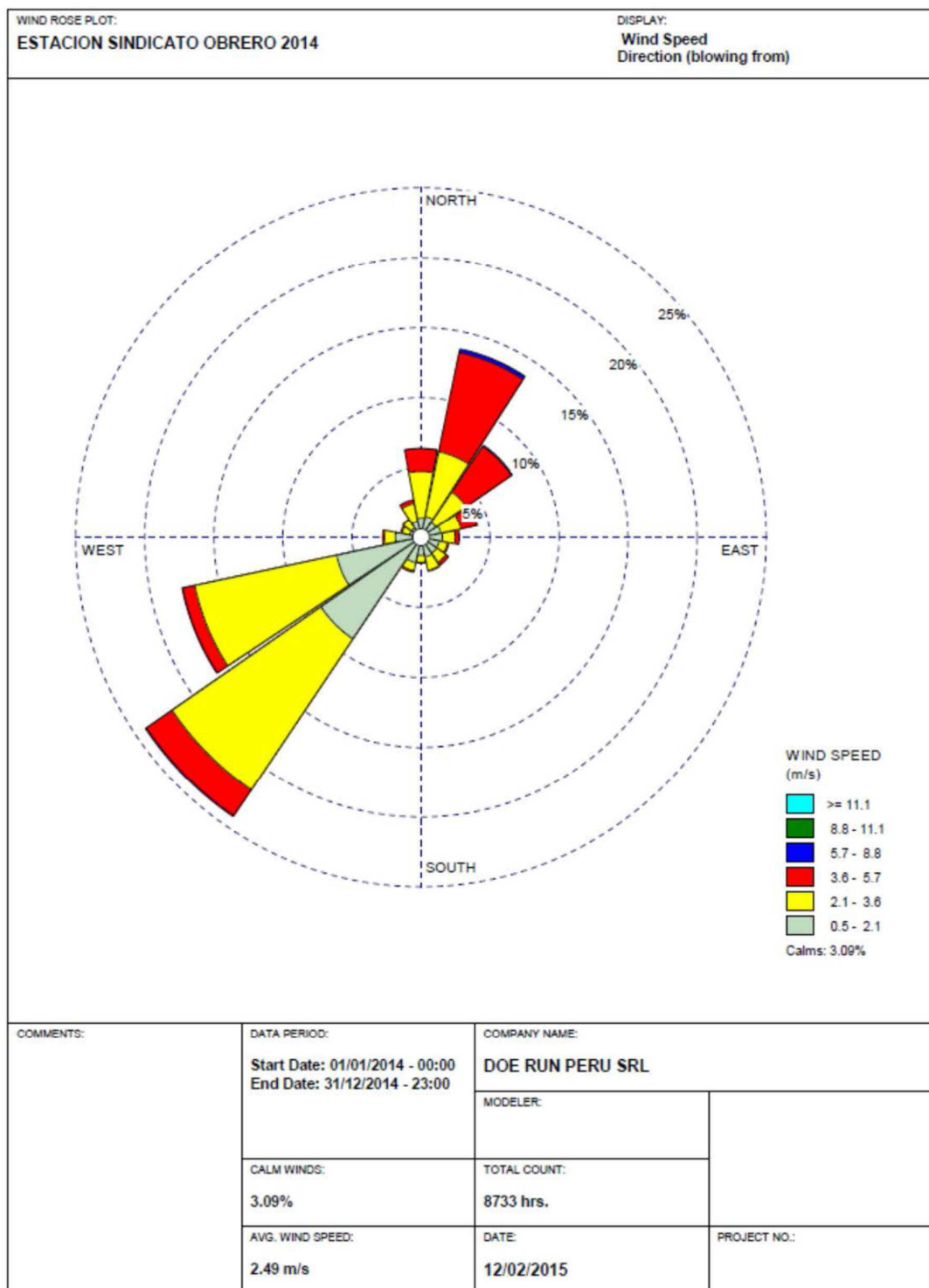


Figura N° 20: Rosa de Viento de Estación Sindicato – Año 2014
Fuente: IGAC Doe Run Perú S.R.L.

Esto explicaría por que el punto 1 de muestreo de suelos es el más contaminado con plomo ya que se encuentra en la dirección nor este del Complejo, mientras que los demás puntos están situados al norte del Complejo con regular predominancia de vientos.

Para comprobar la hipótesis específica Nro. 3 de la presente tesis que manifiesta que “La velocidad de los vientos se relacionan con el plomo presente en el agua del río Mantaro aumentando la cantidad de este metal en el agua.” Se creó el cuadro N° 26 que recoge los datos de los cuadros N° 13 y N° 25 que son los datos mensuales de plomo en el agua del río Mantaro y la precipitación promedio mensual respectivamente

Cuadro N° 26: Relación entre vientos y Plomo en el río Mantaro.

Mes	Velocidad del viento m/s (G7)	Pb en agua pt. Huanchan mg/L
Enero	1.99	0.119
Febrero	1.96	0.098
Marzo	1.94	0.130
Abril	1.88	0.065
Mayo	1.9	0.043
Junio	1.94	0.011
Julio	2.07	0.022
Agosto	2.19	0.033
Setiembre	2.29	0.054
Octubre	2.17	0.076
Noviembre	1.97	0.087
Diciembre	1.99	0.108

Fuente. Elaboración propia (2016).

Los datos del cuadro N° 26 se relacionan y se grafican las variables velocidad del viento m/s (X) Vs. Plomo en el agua rio Mantaro (Y) (Figura 20) y se obtiene una curva de tendencia polinomial de 5to. orden que se puede observar en la figura N° 21, el coeficiente de correlación $R^2 = 0.35$. que es un valor bajo que indica que la variable plomo en el rio Mantaro tiene una baja relación con los vientos que se presentan en la ciudad de La Oroya.

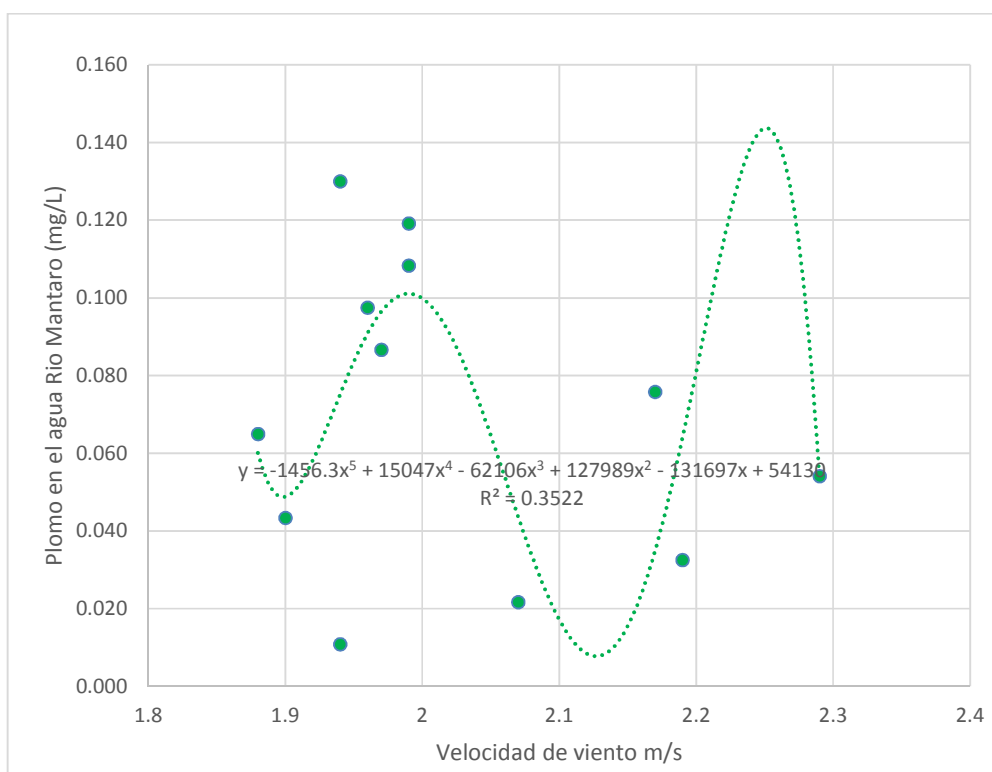


Figura N° 21 : Correlación entre Velocidad de viento y Plomo en el rio Mantaro.

4.3 Pruebas de hipótesis.

4.3.1 Hipótesis General.

Hipótesis Nula:

El plomo en los suelos de La Oroya Antigua no impactan en la calidad del río Mantaro aumentando el contenido de plomo en el Río Mantaro en La Oroya- Junín.

Hipótesis Alternativa:

El plomo en los suelos de La Oroya Antigua impactan en la calidad del agua del río Mantaro aumentando el contenido de plomo en el Río Mantaro en La Oroya- Junín.

Nivel de significancia 0.01 (1%)

Estadístico de prueba: Correlación de Pearson. El estadístico de prueba se obtuvo haciendo uso del software estadístico SPSS. El que se muestra en los cuadros N° 27 y N°28 importado del SPSS.

*Cuadro N° 27: Correlación de Pearson de la Figura 15
Incremento de plomo en el río Mantaro en periodo seco*

		Plomo suelo(mg/Kg)	Incremento Pb agua(mg/l)
Plomo suelo(mg/Kg)	Correlación de Pearson	1	,997**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	6	6
Incremento Pb agua(mg/l)	Correlación de Pearson	,997**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	6	6

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

*Cuadro: N° 28: Correlación de Pearson de la Figura 16:
Incremento de plomo en el río Mantaro en periodo lluvioso.*

		Plomo suelo(mg/Kg)	Incremento Pb agua(mg/l)
Plomo suelo(mg/Kg)	Correlación de Pearson	1	,997**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	6	6
Incremento Pb agua(mg/l)	Correlación de Pearson	,997**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	6	6

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Del cuadro N° 27 y N°28 se saca el valor de Probabilidad que es 0.000 y es < a 0.01 (nivel de significancia) por lo que se aprueba la hipótesis alternativa.

Lo que significa: (Lectura del p-valor) Con una probabilidad del 99% “El plomo en los suelos de La Oroya Antigua impactan en la calidad del agua del río Mantaro aumentando el contenido de plomo en el Río Mantaro en La Oroya- Junín.”

4.3.2 Hipótesis Específicas.

Primera Hipótesis Específica.

Hipótesis Nula:

El contenido de plomo en los suelos de La Oroya Junín no es alto y no supera el ECA peruano para vivienda.

Hipótesis Alternativa: El contenido de plomo en los suelos de La Oroya Junín es alto superando el ECA peruano para vivienda.

ECA para vivienda 140 mg/Kg.

$H_0 \rightarrow \mu \leq 140$ (población)

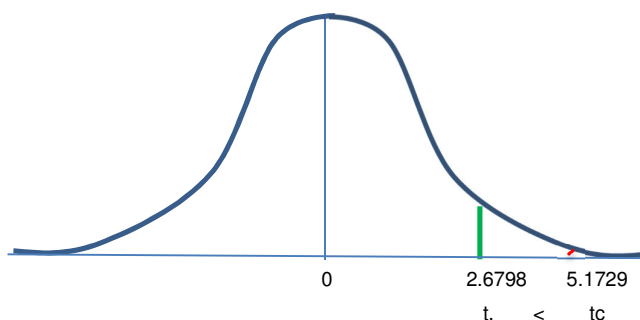
$H_1 \rightarrow \mu > 140$ (población)

Tomando los datos de plomo en el suelo (mg/Kg.) de los resultados del muestreo de suelos, que se detallan en los cuadros N° 8, N° 9, N° 10, N° 11, y N° 12 se obtienen los siguientes parámetros estadísticos en el programa estadístico SPSS.

(número de muestras)	$n = 15$
(media muestral mg/Kg)	$\bar{x} = 2818$
Desviación Standard muestral mg/Kg	$S = 2005.$
Nivel de significancia.	$\alpha = 0.005$
Grados de libertad	$GL = 14$
t. de student (distribución normal cola a la derecha)	$t = 2.6798$

$$\sigma_x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{2005}{\sqrt{15}} = 517.7$$

$$tc = \frac{(\bar{x} - \mu)}{\sigma_x} = \frac{(2818 - 140)}{517.7} = 5.1729$$



Como: $t < t_c$ se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Entonces se lee: con una probabilidad del 99.5% “El contenido de plomo en los suelos de La Oroya Junín es alto superando el ECA peruano para vivienda que es de 140 mg/Kg.”

Segunda Hipótesis Específica.

Hipótesis nula:

Las precipitaciones pluviales no se relacionan con el plomo presente en el agua del río Mantaro aumentando la cantidad de este metal en el agua.

Hipótesis Alternativa:

Las precipitaciones pluviales se relacionan con el plomo presente en el agua del río Mantaro aumentando la cantidad de este metal en el agua.

Nivel de significancia 0.05 (5%)

Estadístico de prueba: Correlación de Pearson. El estadístico de prueba se obtuvo haciendo uso del software estadístico SPSS. El cual se muestra en el siguiente cuadro importado del SPSS.

*Cuadro N° 29: Correlación Pearson Figura N° 19.
Correlación entre Precipitaciones y Plomo en el río Mantaro*

		ppt. (mm)	Pb agua mg/l
ppt (mm)	Correlación de Pearson	1	,982**
	Sig. bilateral)		0.000
	N	12	12
Pb agua mg/l	Correlación de Pearson	,982**	1
	Sig. bilateral)	0.000	
	N	12	12

** . La correlación es significativa en el nivel 0,05 bilateral).

Del cuadro N° 29 se obtiene el valor de Probabilidad 0.000 que es menor a 0.05 (nivel de significancia) por lo que se aprueba la hipótesis alternativa.

Lo que significa: (Lectura del p-valor) Con una probabilidad del 95% “Las precipitaciones pluviales se relacionan con el plomo presente en el agua del río Mantaro aumentando la cantidad de este metal en el agua.”

Tercera Hipótesis Específica.

Hipótesis nula:

La velocidad y frecuencia de los vientos no se relacionan con el plomo presente en el agua del río Mantaro aumentando la cantidad de este metal en el agua.

Hipótesis Alternativa:

La velocidad y frecuencia de los vientos se relacionan con el plomo presente en el agua del río Mantaro aumentando la cantidad de este metal en el agua.

Nivel de significancia 0.05 (5%)

Estadístico de prueba: Correlación de Pearson. El estadístico de prueba se obtuvo haciendo uso del software estadístico SPSS. El cual se muestra en el siguiente cuadro importado del SPSS.

*Cuadro N° 30: Correlación Pearson Figura N° 21.
Correlación entre Velocidad de viento y Plomo en el río Mantaro*

		ppt. (mm)	Pb agua mg/l
Velocidad m/s	Correlación de Pearson	1	,352**
	Sig. bilateral)		0.730
	N	12	12
Pb agua mg/l	Correlación de Pearson	,352**	1
	Sig. bilateral)	0.730	
	N	12	12

** . La correlación es significativa en el nivel 0,05 bilateral).

Del cuadro N° 30 se obtiene el valor de Probabilidad 0.730 que es mayor a 0.01 (nivel de significancia) por lo que se aprueba la hipótesis nula.

Lo que significa: (Lectura del p-valor) Con una probabilidad del 95% “La velocidad y frecuencia de los vientos no se relacionan con el plomo presente en el agua del río Mantaro aumentando la cantidad de este metal en el agua.”

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 Conclusiones.

- El plomo contenido en los suelos de La Oroya Antigua impactan en la calidad del río Mantaro aumentando significativamente el contenido de plomo en las aguas del Río Mantaro en La Oroya- Junín.
- Los suelos de la Oroya ubicados frente al Complejo Metalúrgico están contaminados con plomo con valores que oscilan entre 300 mg/Kg y 5000 mg/Kg, llegando a valores altos que sobrepasan los 9000 mg/kg como es el caso del área de Huanchan colindante al depósito de escorias superando en todo sentido el Estándar de Calidad del suelo Peruano para vivienda, que es de 140 mg Pb/Kg inclusive superando en un 87% el Estándar de Calidad para suelos comerciales, industriales y extractivos que es de 1200 mg Pb/Kg.
- El contenido de plomo presente en el agua del Río Mantaro que pasa por el frente de La ciudad de La Oroya está relacionada con la cantidad de precipitaciones que se presentan en La Oroya, incrementando el plomo en el agua del río Mantaro de 0.01 mg/L hasta 0.04 mg/L promedio en periodos secos y de 0.03 mg/l hasta 0.11 mg/l promedio en periodos lluviosos, superando el ECA agua para mantener vida en el agua que es 0.0025 mg/L, y superando en épocas de fuerte lluvia el ECA para riego y bebida de animales que es de 0.05 mg/l.
- El contenido de plomo presente en el agua del Río Mantaro que pasa por el frente de La ciudad de La Oroya no está relacionada directamente con la velocidad y frecuencia de los vientos

5.2 Recomendaciones.

- El área de La Oroya Antigua necesita una remediación mediante el aislamiento de superficies como por ejemplo la pavimentación de calles, plazas, patios, colegios, etc. asimismo con el cultivo de pastos y plantas estabilizadoras en las áreas donde no es posible la pavimentación como son las laderas de los cerros colindantes.
- Limpieza continua de techos, calles pavimentadas disponiendo adecuadamente los polvos recolectados.
- Se sugiere construir sistemas de recolección de agua de lluvias en La Oroya y ser tratadas en una planta de tratamiento de aguas.
- Una muestra puntual que se tomó en la descarga de aguas de lluvia del depósito de escorias de Huanchan dio como resultado 1 mg Pb/l lo que demuestra que es un área crítica por eso se debe poner énfasis en aislar dicho depósito con membranas impermeables de HDP, la nueva escoria generada por la fundición si es que esta reinicia sus operaciones debe ser dispuesta en forma adecuada a fin de que las agua producto de la lluvia sean recolectadas y tratadas.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

1. Activos Mineros. (2012). *Remediacion de Suelos Contaminados*. Obtenido de Activos Mineros S.A.C.: <http://www.activosmineros.com.pe/amsac/index.php/proyectos-en-ejecucion>.
2. Barandiaran, A., & Cederstav, A. (2002). *La Oroya Cannot Wait*. Lima: Sociedad Peruana de Derecho Ambiental.
3. Bautista, F. (2007). *Introduccion al Estudio de la Contaminacion del Suelo por Metales Pesados*. Mexico: Universidad Autonoma de Yucatan.
4. Bowen, C. (1979). *Contaminacion de Suelos*. Madrid: Universidad de Andalucia.
5. CGT Company. (Marzo de 2015). IGAC. *Instrumento de Gestión Ambiental Correctivo de la UP- La Oroya - Complejo Metalúrgico La Oroya*. Lima, Lima, Perú: Doe Run Perú S.R.L. Recuperado el 2016, de Doe Run Peru: <http://www.doerun.com.pe>
6. Chaney, R., Ying-Ming, L., & Homer, Z. (1995). *Potential use of hyper accumulators Minig Environmental Management*. EE.UU.: Homer Green.
7. DIGESA. (2008). *Monitoreo del rio SanJuan - Mantaro y Principales*. Programa Nacional de Vigilancia de la Calidad de los Recursos Hidricos, DESASs Pasco, Junin, Ayacucho, Huancavelica. Lima: Ministerio de Salud.
8. Direccion General de Salud Ambiental. (2007). www.digesa.gob.pe. Obtenido de www.digesa.gob.pe
9. Enoc, J.-P., José, G., Haydeé, M., Magda, C., Mauro, M., & Noema, C. (Agosto de 2014). Capacidad fitorremediadora de cinco especies altoandinas de suelos contaminados con metales pesados. *Revista*

Peruana de Biología, 145-154. doi:doi: <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v21i2.9817>

10. Garcia, I., & Dorronsoro, C. (2003). *Contaminacion del Suelo*. España: Universidad de Granada.
11. García, I., & Dorronsoro, C. (2003). *Contaminacion del Suelo*. España: Universidad de Granada.
12. Guerrero, J. (1998). Uso y Degradación del Suelo. En UNALM (Ed.), *Curso Internacional Sobre Uso de La Informacion de Peligros Naturales en la Preparación de Proyectos de Inversión* (págs. 1-10). Lima: UNALM.
13. INEI. (2007). *Censo Poblacional 2007*. Lima: INEI.
14. ITGE. (1995). *Contaminacion y Depuracion de Suelos*. EE.UU.: Publicaciones ITGE.
15. Mantaro Revive. (2015). *Arzobispado Huancayo*. Obtenido de Mantaro Revive: <http://elmantarorevive.blogspot.com/>
16. Ministerio del Ambiente. (2014). *www.minam.gob.pe*. Obtenido de <http://www.minam.gob.pe>
17. Orozco, C., Perez, A., Gonzales, N., Alfayete, J., & Rodriguez, C. (2003). *Contaminacion Ambiental*. Madrid, España: Ediciones Paraninfo.
18. USEPA. (2012). *Hazardous waste cleanup information*. Obtenido de Technology Innovatio Office: www.cluin.org

ANEXOS.

ANEXO 1: ECA Suelo D.S. N° 002-2013- MINAM

ESTÁNDARES DE CALIDAD
AMBIENTAL PARA SUELO

N°	Parámetros	Usos del Suelo			Metodo de ensayo
		Suelo Agrícola	Suelo Residencial/ Parques	Suelo Comercial/ Industrial/ Extractivos	
I	Orgánicos				
1	Benceno (mg/kg MS)	0,03	0,03	0,03	EPA 8260-B EPA 8021-B
2	Tolueno (mg/kg MS)	0,37	0,37	0,37	EPA 8260-B EPA 8021-B
3	Etilbenceno (mg/kg MS)	0,082	0,082	0,082	EPA 8260-B EPA 8021-B
4	Xileno (mg/kg MS)	11	11	11	EPA 8260-B EPA 8021-B
5	Naftaleno (mg/kg MS)	0,1	0,6	22	EPA 8260-B
6	Fracción de hidrocarburos F1 (C5-C10) (mg/kg MS)	200	200	500	EPA 8015-B
7	Fracción de hidrocarburos F2 (C10-C28) (mg/kg MS)	1 200	1 200	5 000	EPA 8015-M
8	Fracción de hidrocarburos F3 (C28-C40) (mg/kg MS)	3 000	3 000	6 000	EPA 8015-D
9	Benzo(a) pireno (mg/kg MS)	0,1	0,7	0,7	EPA 8270-D
10	Bifenilos policlorados - PCB (mg/kg MS)	0,5	1,3	33	EPA 8270-D
11	Aldrin (mg/kg MS) ⁽¹⁾	2	4	10	EPA 8270-D
12	Endrin (mg/kg MS) ⁽¹⁾	0,01	0,01	0,01	EPA 8270-D
13	DDT (mg/kg MS) ⁽¹⁾	0,7	0,7	12	EPA 8270-D
14	Heptacloro (mg/kg MS) ⁽¹⁾	0,01	0,01	0,01	EPA 8270-D
II	Inorgánicos				
15	Cianuro libre (mg/kg MS)	0,9	0,9	8	EPA 9013-A/APHA-AWWA-WEF 4500 CN F
16	Arsénico total (mg/kg MS) ⁽²⁾	50	50	140	EPA 3050-B EPA 3051
17	Bario total (mg/kg MS) ⁽²⁾	750	500	2 000	EPA 3050-B EPA 3051
18	Cádmio total (mg/kg MS) ⁽²⁾	1,4	10	22	EPA 3050-B EPA 3051
19	Cromo VI (mg/kg MS)	0,4	0,4	1,4	DIN 19734
20	Mercurio total (mg/kg MS) ⁽²⁾	6,6	6,6	24	EPA 7471-B
21	Plomo total (mg/kg MS) ⁽²⁾	70	140	1 200	EPA 3050-B EPA 3051

EPA: Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos)

DIN: German Institute for Standardization

MS: materia seca a 105 °C, excepto para compuestos orgánicos y mercurio no debe exceder 40 °C, para cianuro libre se debe realizar el secado de muestra fresca en una estufa a menos de 10 °C por 4 días. Luego de secada la muestra debe ser tamizada con malla de 2 mm. Para el análisis se emplea la muestra tamizada < 2mm.

ANEXO 2: ECA Agua. D.S. N° 015-2015-MINAM.

CATEGORÍA 3

CATEGORIAS		ECA AGUA: CATEGORIA 3	
PARÁMETRO	UNIDAD	PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES	PARÁMETROS PARA BEBIDAS DE ANIMALES
		D1: RIEGO DE CULTIVOS DE TALLO ALTO Y BAJO	D2: BEBIDA DE ANIMALES
FÍSICOS - QUÍMICOS			
Aceites y grasas	mg/L	5	10
Bicarbonatos	mg/L	518	**
Cianuro Wad	mg/L	0,1	0,1
Cloruros	mg/L	500	**
Color (b)	Color verdadero escala Pt/Co	100 (a)	100 (a)
Conductividad	(uS/cm)	2 500	5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l	15	15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	40	40
Detergentes (SAAM)	mg/l	0,2	0,5
Fenoles	mg/l	0,002	0,01
Fluoruros	mg/l	1	**
Nitratos (NO ₃ ⁻ -N) + Nitritos (NO ₂ ⁻ -N)	mg/l	100	100
Nitritos (NO ₂ ⁻ -N)	mg/l	10	10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	4	5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1000	1000
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3
INORGÁNICOS			
Aluminio	mg/L	5	5
Arsénico	mg/L	0,1	0,2
Bario	mg/L	0,7	**
Berilio	mg/L	0,1	0,1
Boro	mg/L	1	5
Cadmio	mg/L	0,01	0,05
Cobre	mg/l	0,2	0,5
Cobalto	mg/l	0,05	1
Cromo Total	mg/l	0,1	1
Hierro	mg/l	5	**
Litio	mg/l	2,5	2,5
Magnesio	mg/l	**	250
Manganeso	mg/l	0,2	0,2
Mercurio	mg/l	0,001	0,01
Níquel	mg/l	0,2	1
Plomo	mg/l	0,05	0,05
Selenio	mg/l	0,02	0,05

		CATEGORÍA 4				
PARÁMETRO	UNIDAD	E1: LAGUNAS Y LAGOS	E2: RÍOS		E3: ECOSISTEMAS MARINO COSTERAS	
			COSTA Y SIERRA	SELVA	ESTUARIOS	MARINOS
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
INORGÁNICOS						
Antimonio	mg/L	0,61	1,6	0,61	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081
ORGÁNICOS						
I. Compuestos Orgánicos Volátiles						
Hidrocarburos totales de petróleo HTTP	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
BTEX						
Benceno	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Hidrocarburos Aromáticos						
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Antraceno	mg/L	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
PLAGUICIDAS						
Organofosforados:						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Parathión	mg/L	0,000013	0,000013	0,000013	**	**
ORGANOCOLORADOS						
Aldrin	mg/L	0,000004	0,000004	0,000004	**	**
Clordano	mg/L	0,0000043	0,0000043	0,0000043	0,000004	0,000004
DDT (Suma de 4,4'- DDD y 4,4-DDD)	mg/L	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Dieldrin	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000019	0,0000019
Endosulfan	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000087	0,0000087
Endrin	mg/L	0,000036	0,000036	0,000036	0,0000023	0,0000023
Heptacloro	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036
Heptacloro epóxido	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036
Lindano	mg/L	0,00095	0,00095	0,00095	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
CARBAMATO:						
Aldicarb	mg/L	0,001	0,001	0,00015	0,00015	0,00015
POLICLORUROS BIFENILOS TOTALES						
(PCB's)	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003
MICROBIOLÓGICO						
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100 mL	1 000	2 000	2 000	1 000	2 000

ANEXO 3: Resultados de Laboratorio de Muestras Suelos.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO

Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



ANALISIS DE SUELO

N° DE SOLICITUD : 013783

PROYECTO : ---

PROCEDENCIA : La Oroya

FECHA ANALISIS : La Molina, 28 noviembre 2013.

Número de muestra Campo	Pb (ppm)
S-01	9010
S-02	4990
S-03	4020
S-04	3280
S-05	2830
S-06	4970
S-07	1840
S-08	2160
S-09	3850
S-10	3250
S-11	2660
S-12	1140
S-13	1270
S-14	630
S-15	480





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO

Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



ANALISIS DE SUELO

N° DE SOLICITUD : 014459

PROYECTO : ----

PROCEDENCIA : La Oroya

FECHA ANALISIS : La Molina, 19 Marzo 2014.

Número de muestra Campo	Pb (ppm)
S-01	8220
S-02	4080
S-03	3630
S-04	3070
S-05	2340
S-06	1560
S-07	1750
S-08	1950
S-09	3360
S-10	2940
S-11	2570
S-12	1030
S-13	1280
S-14	520
S-15	440





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO

Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



ANALISIS DE SUELO

N° DE SOLICITUD : 014831

PROYECTO : ----

PROCEDENCIA : La Oroya

FECHA ANALISIS : La Molina, 10 setiembre 2014.

Número de muestra Campo	Pb (ppm)
S-01	8710
S-02	4990
S-03	3970
S-04	3380
S-05	2940
S-06	1910
S-07	1730
S-08	2270
S-09	4080
S-10	3070
S-11	3740
S-12	1360
S-13	1350
S-14	640
S-15	520





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO

Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



ANALISIS DE SUELO

N° DE SOLICITUD : 015234

PROYECTO : ----

PROCEDENCIA : La Oroya

FECHA ANALISIS : La Molina, 03 de marzo 2015.

Número de muestra Campo	Pb (ppm)
S-01	8120
S-02	3980
S-03	3730
S-04	3070
S-05	2340
S-06	2560
S-07	1840
S-08	1860
S-09	3450
S-10	1950
S-11	2660
S-12	1240
S-13	1270
S-14	530
S-15	430



[Handwritten signature]



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO

Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



ANALISIS DE SUELO

Nº DE SOLICITUD : 015620

PROYECTO : ----

PROCEDENCIA : Junín

FECHA ANALISIS : La Molina, 17 Julio 2015.

Número de muestra Campo	Pb (ppm)
S-01	8840
S-02	3910
S-03	4020
S-04	3280
S-05	3030
S-06	1820
S-07	1830
S-08	2370
S-09	4340
S-10	3360
S-11	2550
S-12	1150
S-13	1160
S-14	440
S-15	320



ANEXO 4: Resultados de Análisis de Aguas en los Puntos de Monitoreo.



Pág. 1 de 3

Cuadro N° 1: Resultados muestra especial Julio 2013.

Parámetros	Unidades	Monitoreo P1	Monitoreo P2
Físicos			
pH	unidades	8.1	8.2
Turbiedad	UTN	1.08	1.09
Conductividad eléctrica	u S/cm	472	471
Sólidos Totales (TSS)	mg/L	5.2	5.2
Químicos			
Alcalinidad Total	mg/L	154	155
Dureza Total	mg/L	258	257
Calcio	mg/L	66	66
Cloruros	mg/L	6.05	6.10
Nitratos	mg/L	2.23	2.81
Metales			
Plomo	mg/L	0.011	0.019
Cobre	mg/L	0.044	0.045
Zinc	mg/L	0.263	0.264
Fierro	mg/L	5.34	5.45
Arsénico	mg/L	0.011	0.013

Cuadro N° 2: Resultados muestra especial enero 2014.

Parámetros	Unidades	Monitoreo P1	Monitoreo P2
Físicos			
pH	unidades	8.1	8.3
Turbiedad	UTN	2.91	2.94
Conductividad eléctrica	uS/cm	477	475
Sólidos Totales (TSS)	mg/L	44	43
Químicos			
Alcalinidad Total	mg/L	156	156
Dureza Total	mg/L	267	268
Calcio	mg/L	68	67
Cloruros	mg/L	6.12	6.13
Nitratos	mg/L	3.24	3.18
Metales			
Plomo	mg/L	0.032	0.058
Cobre	mg/L	0.052	0.054
Zinc	mg/L	0.364	0.378
Fierro	mg/L	6.42	6.39
Arsénico	mg/L	0.021	0.024

Cuadro N° 3: Resultados muestra especial julio 2014.

Parámetros	Unidades	Monitoreo P1	Monitoreo P2
Físicos			
pH	unidades	8.4	8.3
Turbiedad	UTN	1.10	1.11
Conductividad eléctrica	uS/cm	475	472
Sólidos Totales (TSS)	mg/L	4.9	4.8
Químicos			
Alcalinidad Total	mg/L	158	156
Dureza Total	mg/L	261	263
Calcio	mg/L	67	67
Cloruros	mg/L	6.10	6.08
Nitratos	mg/L	1.98	2.13
Metales			
Plomo	mg/L	0.012	0.018
Cobre	mg/L	0.040	0.041
Zinc	mg/L	0.247	0.254
Fierro	mg/L	4.35	4.45
Arsénico	mg/L	0.012	0.015

Cuadro N° 4: Resultados muestra especial enero 2015.

Parámetros	Unidades	P1	P2
Físicos			
pH	unidades	8.2	8.0
Turbiedad	UTN	2.89	2.74
Conductividad eléctrica	uS/cm	478	476
Sólidos Totales (TSS)	mg/L	42	39
Químicos			
Alcalinidad Total	mg/L	153	152
Dureza Total	mg/L	271	278
Calcio	mg/L	65	66
Cloruros	mg/L	6.09	6.11
Nitratos	mg/L	3.11	3.38
Metales			
Plomo	mg/L	0.033	0.057
Cobre	mg/L	0.049	0.051
Zinc	mg/L	0.323	0.336
Fierro	mg/L	6.42	6.59
Arsénico	mg/L	0.020	0.022



Cuadro N° 5: Resultados muestra especial Julio 2015.

Parámetros	Unidades	P1	P2
Físicos			
pH	unidades	7.9	8.0
Turbiedad	UTN	0.98	0.99
Conductividad electrica	uS/cm	475	478
Sólidos Totales (TSS)	mg/L	4.5	4.7
Químicos			
Alcalinidad Total	mg/L	149	150
Dureza Total	mg/L	258	257
Calcio *	mg/L	63	64
Cloruros	mg/L	6.05	6.10
Nitratos	mg/L	1.93	2.21
Metales			
Plomo	mg/L	0.013	0.017
Cobre	mg/L	0.034	0.039
Zinc	mg/L	0.173	0.184
Fierro	mg/L	4.37	4.49
Arsénico	mg/L	0.009	0.010



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO

Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



ANALISIS QUIMICO AGUA

SOLICITANTE : Siles Arce Sancho

PROYECTO : Tesis.

PROCEDENCIA : Río Mantaro – Junín.

RESPONSABLE : Ing. Noré Arévalo Flores

FECHA ANALISIS : La Molina, 19 diciembre 2015.

N° DE CAMPO	Pb (mg/L)
A-01	0.118
A-02	0.092
A-03	0.128
A-04	0.062
A-05	0.039
A-06	0.011
A-07	0.019
A-08	0.031
A-09	0.049
A-10	0.071
A-11	0.082
A-12	0.108
A-13	0.118
A-14	0.092
A-15	0.128



ANEXO 5: Propuesta para la solución del problema.

Solución a los Suelos Contaminados con Plomo.

La Oroya Antigua está contaminado con plomo, por encima del ECA suelo para vivienda que es de 140 mg/Kg., como puede verse en el cuadro N° 8 de la presente tesis, lo que trae consigo problemas a la salud de los pobladores de La Oroya ya que el polvo generado es absorbido por los habitantes aumentando el contenido de plomo en sangre (Barandiaran & Cederstav, 2002) ,y el problema de arrastre de plomo por efecto de las lluvias hacia el río Mantaro que se ha comprobado en la presente tesis.

Soluciones planteada.

1. Limpieza general de los techos, patios y paredes de viviendas, escuelas, oficinas, mercados, etc.

La limpieza debe de realizarse humedeciendo el área de trabajo para evitar formación de polvos, los trabajadores deben estar cubiertos con máscaras anti polvo y ropa adecuada de trabajo, los niños y personas vulnerables deben de permanecer encerrados en sus habitaciones con puertas y ventanas mientras dura la limpieza.

Instituciones Involucradas: Municipalidad de La Oroya, MINSA.

2. Utilizar un vehículo aspirador barredor industrial que puede ser proporcionado por Doe Run Perú. Como parte de apoyo a la comunidad.

Instituciones Involucradas: Municipalidad Provincial de La Oroya y la empresa Doe Run Perú.

3. Pavimentar calles, plazas, patios que aún no están pavimentadas, haciendo los cálculos de acuerdo a las visitas a la ciudad de La Oroya Antigua se estima que faltan pavimentar unos 1,200 m² con concreto En cuanto a patios un 60% de viviendas no están pavimentadas lo que equivale a 13,200 m² de áreas internas no pavimentadas (INEI, 2007). El municipio, y el MINSA deberían de hacer campañas para que los ciudadanos dueños de viviendas empiecen a pavimentar sus patios

Instituciones involucradas: Municipalidad Provincial de La Oroya, MINSA.

4. Realizar la revegetación de las laderas de los cerros de La Oroya Antigua usando la técnica de la fitoestabilización básica. cultivando pastos y plantas sobre las áreas contaminadas directamente sin necesidad de excavación o eliminación de suelo, es menos costosa y menos agresiva, para atenuar los efectos de dispersión del polvo con plomo por el viento o el agua de lluvia, favoreciendo la generación de un suelo que actuará como una barrera, evitando parcialmente la emisión de los contaminantes que contiene como es el caso del plomo. Para esta técnica debe emplearse plantas de las denominadas ruderales y metalofitas, que son capaces de desarrollarse sobre suelos muy degradados, iniciando la colonización de éstos, para acelerar el proceso, es necesario recubrir el área a con suelo vegetal que facilite el empleo de plantas más comunes. (Marco Teórico de la presente tesis).

Para el caso de La Oroya las siguientes plantas pueden emplearse como fitoestabilizantes por su capacidad fitoremediadora como son: “grass andino” *Stenotaphrum secundatum*. “el ichu” *Alopecurus bracteatus* Phil, “chilligua” *Festuca dolichophylla*, “Malva silvestre”

Fuertesimalva echinata , “paku-paku” *Aciachne pulvinata* Benth (Enoc, y otros, 2014)

El área necesaria a revegetar es la parte baja de la zona ZRE-1 que son aproximadamente 10 hectáreas de laderas escarpadas con una pendiente promedio de 45°.

Instituciones involucradas: Activos Mineros SAC, Municipalidad de La Oroya.

Solución al impacto a la Calidad de Agua del Rio Mantaro.

Las precipitaciones que se presentan en la ciudad de La Oroya producen erosión hídrica que arrastran consigo polvo con plomo de los suelos hacia el rio Mantaro, impactando con un incremento de plomo en la calidad del agua de dicho rio; la zona cercana al depósito de escorias de Huanchan es el área más crítica y el que impacta más en la calidad del agua del río Mantaro.

Soluciones planteadas.

1. Construcción de sistemas de recolección de agua de lluvias en la Oroya separadas del sistema de recolección de aguas servidas, que sólo recolectaría agua de lluvia de La Oroya para ser enviada a una planta de tratamiento de aguas de lluvia como podría ser el de la empresa Doe Run SRL que tiene una capacidad de tratamiento de 2700 m³ por hora y no viene siendo utilizada por la paralización de actividades de dicha empresa, la máxima precipitación promedio que se dio en la historia conocida de La Oroya fue de 18mm.(cuadro N° 20), que equivale a 0.0025 litros por m² durante una hora. Tomando en cuenta el área a remediarse de la Oroya que son 10 hectáreas aproximadamente se tiene un flujo de agua de lluvia de 2500 m³/h.

que es suficiente para la planta de tratamiento de la empresa Doe Run Peru S.R.L.

2. Cubrir todo el depósito de Escorias de Huanchan con membrana HDP que son 180,000 m² (18 hectáreas) para evitar que el agua de lluvia lave las escorias y la escorrentía se mezcle con el suelo adyacente.
3. Destinar y construir una nueva área para el depósito de escorias donde la base del mismo este aislada y el agua que percola producto de las lluvias se traten en la planta de tratamiento de aguas de Doe Run Perú.

Responsable Empresa Doe Run Perú S.R. L.

Beneficios que aporta la propuesta:

1. Aislamiento del plomo contenido en los suelos de La Oroya Antigua, menos enfermedades a los pobladores menos contaminación al río. Población beneficiada de La Oroya Antigua: total 8,850, niños 4,780 (INEI, 2007).
2. Tratamiento de agua de lluvias hasta que los niveles de plomo en la calidad del río Mantaro bajen a nivel ECA riego , con lo cual el río Mantaro estaría disponible para el regado de cultivos y bebida de animales en forma permanente y no temporal como es actualmente. Población beneficiada, todos los usuarios del río Aguas Abajo, aproximadamente 38,000 agricultores con sus respectivas familias. (Barandiaran & Cederstav, 2002)

ANEXO 6: Matriz de Consistencia Tesis.

SUELOS CONTAMINADOS CON PLOMO EN LA CIUDAD DE LA OROYA-JUNIN Y SU IMPACTO EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO MANTARO.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	CONCLUSIONES
Principal: ¿De qué manera los suelos contaminados con plomo de la ciudad de la Oroya -Junín Impactan en la calidad de agua del río Mantaro en cuanto al contenido de plomo?	General: Demostrar el impacto del plomo de los suelos de La oroya Junín en la calidad de agua del Río Mantaro en cuanto al contenido de plomo.	General: El plomo en los suelos de La Oroya Antigua impactan en la calidad del agua del río Mantaro aumentando el contenido de plomo en el Río Mantaro en La Oroya- Junín.	El plomo contenido en los suelos de La Oroya Antigua impactan en la calidad del río Mantaro aumentando significativamente el contenido de plomo en las aguas del Río Mantaro en La Oroya-Junín.
Específico 1: ¿Cuán contaminados con plomo están los suelos de La Oroya?	Específico 1: Analizar la distribución del plomo contenido en los suelos de la ciudad de La Oroya	Específica 1: El contenido de plomo en los suelos de La Oroya Junín es alto superando el ECA peruano para vivienda.	Los suelos de la Oroya ubicados frente al Complejo Metalúrgico están contaminados con plomo con valores que oscilan entre 300 mg/Kg y 5000 mg/Kg, llegando a valores altos que sobrepasan los 9000 mg/kg como es el caso del área de Huanchan colindante al depósito de escorias superando en todo sentido el Estándar de Calidad del suelo Peruano para vivienda, que es de 140 mg Pb/Kg inclusive superando en un 87% el Estándar de Calidad para suelos comerciales, industriales y extractivos que es de 1200 mg Pb/Kg
Específico 2: ¿De qué manera las precipitaciones pluviales se relacionan con el plomo presente en el Río Mantaro en La Oroya- Junín?	Específico 2: Encontrar como las precipitaciones pluviales se relacionan con el plomo presente en las aguas del Río Mantaro en La Oroya-Junín.	Específica 2: Las precipitaciones pluviales se relacionan con el plomo presente en el agua del río Mantaro aumentando la cantidad de este metal en el agua.	El contenido de plomo presente en el agua del Río Mantaro que pasa por el frente de La ciudad de La Oroya está relacionada con la cantidad de precipitaciones que se presentan en La Oroya, incrementando el plomo en el agua del río Mantaro de 0.01 mg/L hasta 0.04 mg/L promedio en periodos secos y de 0.03 mg/l hasta 0.11 mg/l promedio en periodos lluviosos, superando el ECA agua para mantener vida en el agua que es 0.0025 mg/L, y superando en épocas de fuerte lluvia el ECA para riego y bebida de animales que es de 0.05 mg/l.
Específico 3: ¿De qué manera la velocidad y frecuencia de los vientos se relacionan con el plomo presente en el Río Mantaro en La Oroya- Junín?	Específico 3: Encontrar como la velocidad y frecuencia de los vientos se relacionan con el plomo presente en las aguas del Río Mantaro en La Oroya- Junín.	Específica 3: La velocidad y frecuencia de los vientos se relacionan con el plomo presente en el agua del río Mantaro aumentando la cantidad de este metal en el agua.	El contenido de plomo presente en el agua del Río Mantaro que pasa por el frente de La ciudad de La Oroya no está relacionada directamente con la velocidad y frecuencia de los vientos.

ANEXO 7: Ley de Recursos Hídricos.

LEY DE RECURSOS HÍDRICOS LEY N° 29338

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA
POR CUANTO:

El Congreso de la República
Ha dado la Ley siguiente:
EL CONGRESO DE LA REPÚBLICA;
Ha dado la Ley siguiente:

LEY DE RECURSOS HÍDRICOS TÍTULO PRELIMINAR

Artículo I.- Contenido

La presente Ley regula el uso y gestión de los recursos hídricos. Comprende el agua superficial, subterránea, continental y los bienes asociados a esta. Se extiende al agua marítima y atmosférica en lo que resulte aplicable.

Artículo II.- Finalidad

La presente Ley tiene por finalidad regular el uso y gestión integrada del agua, la actuación del Estado y los particulares en dicha gestión, así como en los bienes asociados a esta.

Artículo III.- Principios

Los principios que rigen el uso y gestión integrada de los recursos hídricos son:

1. **Principio de valoración del agua y de gestión integrada del agua** El agua tiene valor sociocultural, valor económico y valor ambiental, por lo que su uso debe basarse en la gestión integrada y en el equilibrio entre estos. El agua es parte integrante de los ecosistemas y renovable a través del ciclo hidrológico.
2. **Principio de prioridad en el acceso al agua** El acceso al agua para la satisfacción de las necesidades primarias de la persona humana es prioritario por ser un derecho fundamental sobre cualquier uso, inclusive en épocas de escasez.
3. **Principio de participación de la población y cultura del agua** El Estado crea mecanismos para la participación de los usuarios y de la población organizada en la toma de decisiones que afectan el agua en cuanto a calidad, cantidad, oportunidad u otro atributo del recurso. Fomenta el fortalecimiento institucional y el desarrollo técnico de las organizaciones de usuarios de agua. Promueve programas de educación, difusión y sensibilización, mediante las autoridades del sistema educativo y la sociedad civil, sobre la importancia del agua para la humanidad y los sistemas ecológicos, generando conciencia y actitudes que propicien su buen uso y valoración.
4. **Principio de seguridad jurídica** El Estado consagra un régimen de derechos para el uso del agua. Promueve y vela por el respeto de las condiciones que otorgan seguridad jurídica a la inversión relacionada con su uso, sea pública o privada o en coparticipación.
5. **Principio de respeto de los usos del agua por las comunidades campesinas y comunidades nativas** El Estado respeta los usos y costumbres de las comunidades campesinas y comunidades nativas, así como su derecho de utilizar las aguas que discurren por sus tierras, en tanto no se oponga a la Ley. Promueve el conocimiento y tecnología ancestral del agua.
6. **Principio de sostenibilidad** El Estado promueve y controla el aprovechamiento y conservación sostenible de los recursos hídricos previniendo la afectación de su calidad ambiental y de las condiciones naturales de su entorno, como parte del ecosistema donde se encuentran. El uso y gestión sostenible del agua implica la integración equilibrada de los aspectos socioculturales, ambientales y económicos en el desarrollo nacional, así como la satisfacción de las necesidades de las actuales y futuras generaciones.
7. **Principio de descentralización de la gestión pública del agua y de autoridad única** Para una efectiva gestión pública del agua, la conducción del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos es de responsabilidad de una autoridad única y desconcentrada. La gestión pública del agua comprende también la de sus bienes asociados, naturales o artificiales.
8. **Principio precautorio** La ausencia de certeza absoluta sobre el peligro de daño grave o irreversible que amenace las fuentes de agua no constituye impedimento para adoptar medidas que impidan su degradación o extinción.
9. **Principio de eficiencia** La gestión integrada de los recursos hídricos se sustenta en el aprovechamiento eficiente y su conservación, incentivando el desarrollo de una cultura de uso eficiente entre los usuarios y operadores.
10. **Principio de gestión integrada participativa por cuenca hidrográfica** El uso del agua debe ser óptimo y equitativo, basado en su valor social, económico y ambiental, y su gestión debe ser integrada por cuenca hidrográfica y con participación activa de la población organizada. El agua constituye parte de los ecosistemas y es renovable a través de los procesos del ciclo hidrológico.
11. **Principio de tutela jurídica** El Estado protege, supervisa y fiscaliza el agua en sus fuentes naturales o artificiales y en el estado en que se encuentre: líquido, sólido o gaseoso, y en cualquier etapa del ciclo hidrológico.

TÍTULO I DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1°.- El agua

El agua es un recurso natural renovable, indispensable para la vida, vulnerable y estratégico para el desarrollo sostenible, el mantenimiento de los sistemas y ciclos naturales que la sustentan, y la seguridad de la Nación.

Artículo 2°.- Dominio y uso público sobre el agua

El agua constituye patrimonio de la Nación. El dominio sobre ella es inalienable e imprescriptible. Es un bien de uso público y su administración solo puede ser otorgada y ejercida en armonía con el bien común, la protección ambiental y el interés de la Nación. No hay propiedad privada sobre el agua.

Artículo 3°.- Declaratoria de interés nacional y necesidad pública

Declárase de interés nacional y necesidad pública la gestión integrada de los recursos hídricos con el propósito de lograr eficiencia y sostenibilidad en el manejo de las cuencas hidrográficas y los acuíferos para la conservación e incremento del agua, así como asegurar su calidad fomentando una nueva cultura del agua, para garantizar la satisfacción de la demanda de las actuales y futuras generaciones.

Artículo 4°.- Denominaciones

Cuando se haga referencia a “la Ley” o “el Reglamento”, se entiende que se trata de la presente Ley o de su Reglamento. La Autoridad Nacional debe entenderse como Autoridad Nacional del Agua (ANA) y el Consejo de Cuenca como Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca.

Artículo 5°.- El agua comprendida en la Ley

El agua cuya regulación es materia de la presente Ley comprende lo siguiente:

1. La de los ríos y sus afluentes, desde su origen natural;
2. la que discurre por cauces artificiales;
3. la acumulada en forma natural o artificial;
4. la que se encuentra en las ensenadas y esteros;
5. la que se encuentra en los humedales y manglares;
6. la que se encuentra en los manantiales;
7. la de los nevados y glaciares;
8. la residual;
9. la subterránea;
10. la de origen minero medicinal;
11. la geotermal;
12. la atmosférica; y
13. la proveniente de la desalación.

Artículo 6°.- Bienes asociados al agua Son bienes asociados al agua los siguientes:

1. Bienes naturales:
 - a. La extensión comprendida entre la baja y la alta marea, más una franja paralela a la línea de la alta marea en la extensión que determine la autoridad competente;
 - b. los cauces o álveos, lechos y riberas de los cuerpos de agua, incluyendo las playas, barriales, restingas y bajiales, en el caso de la amazonía, así como la vegetación de protección;
 - c. los materiales que acarrea y deposita el agua en los cauces; d. las áreas ocupadas por los nevados y los glaciares;
 - e. los estratos o depósitos por donde corre o se encuentra el agua subterránea;
 - f. las islas existentes y las que se formen en los mares, lagos, lagunas o esteros o en los ríos, siempre que no procedan de una bifurcación del curso del agua al cruzar las tierras de particulares;
 - g. los terrenos ganados por causas naturales o por obras artificiales al mar, a los ríos, lagos, lagunas y otros cursos o embalses de agua;
 - h. la vegetación ribereña y de las cabeceras de cuenca; i. las fajas marginales a que se refiere esta Ley; y j. otros que señale la Ley.
2. Bienes artificiales: Los bienes usados para:
 - a. La captación, extracción, desalación, almacenamiento, regulación, conducción, medición, control y uso del agua;
 - b. el saneamiento, depuración, tratamiento y reutilización del recurso; c. la recarga artificial de acuíferos;
 - d. el encauzamiento de ríos y defensa contra inundaciones;
 - e. la protección de los bienes que integran el dominio público hidráulico; y
 - f. los caminos de vigilancia y mantenimiento que sirven para el uso del agua con arreglo a ley.

Artículo 7°.- Bienes de dominio público hidráulico

Constituyen bienes de dominio público hidráulico, sujetos a las disposiciones de la presente Ley, el agua enunciada en el artículo 5° y los bienes naturales asociados a esta señalados en el numeral 1 del artículo 6°.

Toda intervención de los particulares que afecte o altere las características de estos bienes debe ser previamente autorizada por la Autoridad Administrativa del Agua, con excepción del uso primario del agua y las referentes a la navegación.

Artículo 8°.- Bienes artificiales de propiedad del Estado asociados al agua

Son de propiedad del Estado los bienes artificiales asociados al agua, ejecutados con fondos públicos.

TÍTULO II**SISTEMA NACIONAL DE GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS****CAPÍTULO I****FINALIDAD E INTEGRANTES**

Artículo 9°.- Creación del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos Créase el Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos con el objeto de articular el accionar del Estado, para conducir los procesos de gestión integrada y de conservación de los recursos hídricos en los ámbitos de cuencas, de los ecosistemas que lo conforman y de los bienes asociados; así como, para establecer espacios de coordinación y concertación entre las entidades de la administración pública y los actores involucrados en dicha gestión con arreglo a la presente Ley.

Artículo 10°.- Finalidad del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos El Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos es parte del Sistema Nacional de Gestión Ambiental y tiene por finalidad el aprovechamiento sostenible, la conservación y el incremento de los recursos hídricos, así como el cumplimiento de la política y estrategia nacional de recursos hídricos y el plan nacional de recursos hídricos en todos los niveles de gobierno y con la participación de los distintos usuarios del recurso.

Artículo 11°.- Conformación e integrantes del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos El Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos está conformado por el conjunto de instituciones, principios, normas, procedimientos, técnicas e instrumentos mediante los cuales el Estado desarrolla y asegura la gestión integrada, participativa y multisectorial, el aprovechamiento sostenible, la conservación, la preservación de la calidad y el incremento de los recursos hídricos. Integran el Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos:

1. La Autoridad Nacional;
2. los Ministerios del Ambiente; de Agricultura; de Vivienda, Construcción y Saneamiento; de Salud; de la Producción; y de Energía y Minas;

3. los gobiernos regionales y gobiernos locales a través de sus órganos competentes;
4. las organizaciones de usuarios agrarios y no agrarios;
5. las entidades operadoras de los sectores hidráulicos, de carácter sectorial y multisectorial;
6. las comunidades campesinas y comunidades nativas; y
7. las entidades públicas vinculadas con la gestión de los recursos hídricos.

Artículo 12°.- Objetivos del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos

Son objetivos del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos los siguientes: a. Coordinar y asegurar la gestión integrada y multisectorial, el aprovechamiento sostenible, la conservación, el uso eficiente y el incremento de los recursos hídricos, con estándares de calidad en función al uso respectivo. b. Promover la elaboración de estudios y la ejecución de proyectos y programas de investigación y capacitación en materia de gestión de recursos hídricos.

Artículo 13°.- Alcances del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos

El Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos desarrolla sus políticas en coordinación con el Ministerio del Ambiente, el Ministerio de Agricultura, el Ministerio de Energía y Minas, el Ministerio de Salud, el Ministerio de la Producción y el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, así como con los gobiernos regionales y gobiernos locales, dentro del marco de la política y estrategia nacional de recursos hídricos.

CAPÍTULO II AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA

Artículo 14°.- La Autoridad Nacional como ente rector La Autoridad Nacional es el ente rector y la máxima autoridad técnico-normativa del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos. Es responsable del funcionamiento de dicho sistema en el marco de lo establecido en la Ley.

Artículo 15°.- Funciones de la Autoridad Nacional Son funciones de la Autoridad Nacional las siguientes:

1. Elaborar la política y estrategia nacional de los recursos hídricos y el plan nacional de gestión de los recursos hídricos, conduciendo, supervisando y evaluando su ejecución, los que deberán ser aprobados por decreto supremo, refrendado por el Presidente del Consejo de Ministros;
2. establecer los lineamientos para la formulación y actualización de los planes de gestión de los recursos hídricos de las cuencas, aprobarlos y supervisar su implementación;
3. proponer normas legales en materia de su competencia, así como dictar normas y establecer procedimientos para asegurar la gestión integral y sostenible de los recursos hídricos;
4. elaborar el método y determinar el valor de las retribuciones económicas por el derecho de uso de agua y por el vertimiento de aguas residuales en fuentes naturales de agua, valores que deben ser aprobados por decreto supremo; así como, aprobar las tarifas por uso de la infraestructura hidráulica, propuestas por los operadores hidráulicos;
5. aprobar, previo estudio técnico, reservas de agua por un tiempo determinado cuando así lo requiera el interés de la Nación y, como último recurso, el trasvase de agua de cuenca;
6. declarar, previo estudio técnico, el agotamiento de las fuentes naturales de agua, zonas de veda y zonas de protección, así como los estados de emergencia por escasez, superávit hídrico, contaminación de las fuentes naturales de agua o cualquier conflicto relacionado con la gestión sostenible de los recursos hídricos, dictando las medidas pertinentes;
7. otorgar, modificar y extinguir, previo estudio técnico, derechos de uso de agua, así como aprobar la implementación, modificación y extinción de servidumbres de uso de agua, a través de los órganos desconcentrados de la Autoridad Nacional;
8. conducir, organizar y administrar el Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos, el Registro Administrativo de Derechos de Agua, el Registro Nacional de Organizaciones de Usuarios y los demás que correspondan;
9. emitir opinión técnica previa vinculante para el otorgamiento de autorizaciones de extracción de material de acarreo en los cauces naturales de agua;
10. supervisar y evaluar las actividades, impacto y cumplimiento de los objetivos del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos;
11. emitir opinión técnica vinculante respecto a la disponibilidad de los recursos hídricos para la viabilidad de proyectos de infraestructura hidráulica que involucren su utilización;
12. ejercer jurisdicción administrativa exclusiva en materia de aguas, desarrollando acciones de administración, fiscalización, control y vigilancia, para asegurar la preservación y conservación de las fuentes naturales de agua, de los bienes naturales asociados a estas y de la infraestructura hidráulica, ejerciendo para tal efecto, la facultad sancionadora y coactiva;
13. establecer los parámetros de eficiencia aplicables al aprovechamiento de dichos recursos, en concordancia con la política nacional del ambiente;
14. reforzar las acciones para una gestión integrada del agua en las cuencas menos favorecidas y la preservación del recurso en las cabeceras de cuencas;
15. aprobar la demarcación territorial de las cuencas hidrográficas; y
16. otras que señale la Ley.

Artículo 16°.- Recursos económicos de la Autoridad Nacional Constituyen recursos económicos de la Autoridad Nacional los siguientes:

1. Los asignados en el Presupuesto de la República, incluyendo las transferencias de entidades del sector público;
2. los pagos que efectúan los usuarios de agua por concepto de retribuciones económicas por el uso de agua y por el vertimiento de aguas residuales, incluyendo lo que se recaude por concepto de intereses compensatorios y moratorios;
3. los aportes, asignaciones, donaciones, legados o transferencias por cualquier título proveniente de personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, incluyendo los que provengan de la cooperación internacional;
4. los ingresos financieros que generen sus recursos;
5. la retribución única a que se refiere el artículo 107° del Decreto Ley N° 25844, Ley de Concesiones Eléctricas;
6. los que se recauden por concepto de multas;
7. los derechos por la tramitación de procedimientos administrativos que le corresponda resolver conforme a sus funciones y competencias; y
8. los demás que se le asigne.

CAPÍTULO III ESTRUCTURA ORGÁNICA DE LA AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA

Artículo 17°.- Organización de la Autoridad Nacional La organización de la Autoridad Nacional se rige por la presente Ley y su Reglamento. Su estructura básica está compuesta por los órganos siguientes:

- a. Consejo Directivo;
- b. Jefatura;
- c. Tribunal Nacional de Resolución de Controversias Hídricas;
- d. órganos de apoyo, asesoramiento y línea;
- e. órganos desconcentrados, denominados Autoridades Administrativas del Agua;
- f. Administraciones Locales de Agua que dependen de las Autoridades Administrativas del Agua.

Artículo 18°.- Información en materia de recursos hídricos Los integrantes del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos proporcionan la información que, en materia de recursos hídricos, sea solicitada por el ente rector en el ámbito de su competencia, para el cumplimiento de sus funciones al amparo de lo establecido en la presente norma. La Autoridad Nacional dispone la difusión de la información en materia de recursos hídricos a fin de asegurar el aprovechamiento eficiente de dichos recursos y su inclusión en el Sistema Nacional de Información Ambiental.

SUBCAPÍTULO I CONSEJO DIRECTIVO

Artículo 19°.- Conformación del Consejo Directivo El Consejo Directivo es la máxima instancia de la Autoridad Nacional. Está conformado por los siguientes miembros:

1. Un (1) representante del Ministerio de Agricultura, quien asume la presidencia del Consejo Directivo.
2. Un (1) representante del Ministerio del Ambiente.
3. Un (1) representante del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
4. Un (1) representante del Ministerio de Energía y Minas.
5. Un (1) representante de los sectores públicos productivos.
6. Un (1) representante de los sectores públicos de salud y de saneamiento.
7. Un (1) representante de los gobiernos regionales, elegido entre los presidentes regionales.
8. Un (1) representante de las municipalidades rurales.
9. Un (1) representante de las organizaciones de usuarios agrarios y uno (1) de los no agrarios.
10. Un (1) representante de las comunidades campesinas.
11. Un (1) representante de las comunidades nativas.
12. Un (1) representante de la Autoridad Marítima Nacional.

La designación de los representantes enunciados en los numerales 1), 2), 3), 4), 5), 6) y 12) se efectúa mediante resolución suprema expedida por la Presidencia del Consejo de Ministros, y deben ser funcionarios del más alto nivel con rango de director general o similar. Las organizaciones representativas señaladas en los numerales 9), 10) y 11), así como los gobiernos regionales y las municipalidades rurales, acreditan sus representantes ante la Presidencia del Consejo de Ministros, para su nombramiento mediante resolución suprema.

Artículo 20°.- Funciones del Consejo Directivo Son funciones del Consejo Directivo las siguientes:

1. Planificar, dirigir y supervisar la administración general y la marcha de la Autoridad Nacional, liderando a nivel nacional la gestión integrada y multisectorial del uso del agua de acuerdo con lo dispuesto por la presente Ley;
2. aprobar las políticas, planes y estrategias institucionales;
3. aprobar el presupuesto, el plan operativo anual, la memoria anual, el balance general y los estados financieros de la Autoridad Nacional; y
4. otras que determine el Reglamento.

SUBCAPÍTULO II JEFATURA

Artículo 21°.- Del Jefe de la Autoridad Nacional La Jefatura de la Autoridad Nacional está a cargo de un funcionario designado mediante resolución suprema refrendada por el Ministro de Agricultura. El Jefe de la Autoridad Nacional tiene las siguientes funciones:

1. Ejercer la representación legal e institucional de la Autoridad Nacional, asumiendo la titularidad del pliego presupuestal;
2. celebrar contratos y convenios de crédito y de cooperación técnica y financiera nacional e internacional, de conformidad con las normas legales vigentes;
3. conducir la marcha general de la Autoridad Nacional, dirigiendo la gestión técnica, financiera y administrativa, cautelando el cumplimiento de sus políticas, planes y estrategias institucionales;
4. cumplir y hacer cumplir los acuerdos del Consejo Directivo;
5. proponer al Consejo Directivo políticas, planes y estrategias institucionales; así como las medidas necesarias para el eficiente funcionamiento de la Autoridad Nacional;
6. coordinar con los presidentes regionales la ejecución de las acciones de gestión del uso del agua que se desarrollan en sus respectivos ámbitos territoriales;
7. revisar y someter al Consejo Directivo los resultados de la gestión, el balance general y los estados financieros auditados, y la memoria de cada ejercicio;
8. expedir resoluciones y demás disposiciones que sean necesarias para la gestión de la Autoridad Nacional;
9. convocar a sesiones del Consejo Directivo, donde actúa como secretario; y,
10. otras que señale la Ley o le asigne el Consejo Directivo.

SUBCAPÍTULO III TRIBUNAL NACIONAL DE RESOLUCIÓN DE CONTROVERSIAS HÍDRICAS

Artículo 22°.- Naturaleza y competencia del Tribunal Nacional de Resolución de Controversias Hídricas El Tribunal Nacional de Resolución de Controversias Hídricas es el órgano de la Autoridad Nacional que, con autonomía funcional, conoce y resuelve en última instancia administrativa las reclamaciones y recursos administrativos contra las resoluciones emitidas por la Autoridad Administrativa del Agua y la Autoridad Nacional, según sea el caso. Tiene competencia nacional y sus decisiones solo pueden ser impugnadas en la vía

judicial. Su organización y composición son definidas en el Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Nacional. El Tribunal Nacional de Resolución de Controversias Hídricas está integrado por cinco profesionales de reconocida experiencia en materia de gestión de recursos hídricos, por un período de tres (3) años. El acceso al cargo de integrante del Tribunal Nacional de Resolución de Controversias Hídricas se efectúa mediante concurso público de méritos que aprueba la Autoridad Nacional conforme a ley. Los integrantes son nombrados por resolución suprema.

Artículo 23°.- Instancias administrativas en materia de aguas Las Autoridades Administrativas del Agua resuelven en primera instancia administrativa los asuntos de competencia de la Autoridad Nacional. La Autoridad Nacional, a través de las Autoridades Administrativas del Agua, tiene presencia a nivel nacional; su designación, ámbito territorial y funciones son determinados en el Reglamento.

SUBCAPÍTULO IV CONSEJO DE CUENCA

Artículo 24°.- Naturaleza de los Consejos de Cuenca Los Consejos de Cuenca son órganos de naturaleza permanente integrantes de la Autoridad Nacional, creados mediante decreto supremo, a iniciativa de los gobiernos regionales, con el objeto de participar en la planificación, coordinación y concertación del aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos en sus respectivos ámbitos. Los Consejos de Cuenca son de dos (2) clases:

1. Consejo de Cuenca Regional, cuando el ámbito de la cuenca se localiza íntegramente dentro de un (1) solo gobierno regional.
 2. Consejo de Cuenca Interregional, cuando dentro del ámbito de la cuenca, existen dos (2) o más gobiernos regionales.
- Los decretos supremos que crean los Consejos de Cuenca Regional o Interregional establecen su estructura orgánica y su conformación, la que considera la participación equilibrada de los representantes de las organizaciones de usuarios y de los gobiernos regionales y gobiernos locales que lo integran. La designación, funciones y atribuciones de los Consejos de Cuenca Regional o Interregional son determinadas en el Reglamento.

CAPÍTULO IV FUNCIONES DE LOS GOBIERNOS REGIONALES Y GOBIERNOS LOCALES

Artículo 25°.- Ejercicio de las funciones de los gobiernos regionales y gobiernos locales Los gobiernos regionales y gobiernos locales, a través de sus instancias correspondientes, intervienen en la elaboración de los planes de gestión de recursos hídricos de las cuencas. Participan en los Consejos de Cuenca y desarrollan acciones de control y vigilancia, en coordinación con la Autoridad Nacional, para garantizar el aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos. La infraestructura hidráulica mayor pública que transfiera el gobierno nacional a los gobiernos regionales es operada bajo los lineamientos y principios de la Ley, y las directivas que emita la Autoridad Nacional.

CAPÍTULO V ORGANIZACIONES DE USUARIOS

Artículo 26°.- Organizaciones de usuarios Las formas de organización de los usuarios que comparten una fuente superficial o subterránea y un sistema hidráulico común son comités, comisiones y juntas de usuarios. Los comités de usuarios son el nivel mínimo de organización. Se integran a las comisiones de usuarios y estas a la vez a las juntas de usuarios. Los usuarios que cuentan con sistemas de abastecimiento de agua propio pueden organizarse en asociaciones de nivel regional y nacional conforme a las disposiciones del Código Civil. Las entidades prestadoras de servicios de saneamiento se integran al sector hidráulico y a la cuenca hidráulica que corresponda según la fuente de abastecimiento de agua de la cual se sirve.

Artículo 27°.- Naturaleza y finalidad de las organizaciones de usuarios Las organizaciones de usuarios son asociaciones civiles que tienen por finalidad la participación organizada de los usuarios en la gestión multisectorial y uso sostenible de los recursos hídricos. El Estado garantiza la autonomía de las organizaciones de usuarios de agua y la elección democrática de sus directivos, con arreglo al Reglamento. La Autoridad Nacional lleva un registro de todas las organizaciones de usuarios establecidas conforme a ley.

Artículo 28°.- La junta de usuarios La junta de usuarios se organiza sobre la base de un sistema hidráulico común, de acuerdo con los criterios técnicos de la Autoridad Nacional. La junta de usuarios tiene las siguientes funciones:

- a. Operación y mantenimiento de la infraestructura hidráulica.
- b. Distribución del agua.
- c. Cobro y administración de las tarifas de agua.

El ejercicio de las funciones asignadas a las juntas de usuarios, por realizarse respecto a recursos de carácter público, es evaluado conforme a las normas aplicables del Sistema Nacional de Control.

Artículo 29°.- Las comisiones de usuarios Las comisiones de usuarios constituyen las juntas de usuarios y se organizan de acuerdo con los criterios técnicos de la Autoridad Nacional.

Artículo 30°.- Los comités de usuarios Los comités de usuarios pueden ser de aguas superficiales, de aguas subterráneas y de aguas de filtración. Los comités de usuarios de aguas superficiales se organizan a nivel de canales menores, los de aguas subterráneas a nivel de pozo, y los de aguas de filtraciones a nivel de área de afloramiento superficial. Su estructura y funciones son determinadas en el Reglamento.

Artículo 31°.- Reconocimiento de las organizaciones de usuarios La Autoridad Nacional reconoce mediante resolución administrativa a las organizaciones de usuarios.

Artículo 32°.- Las comunidades campesinas y comunidades nativas Las comunidades campesinas y comunidades nativas se organizan en torno a sus fuentes naturales, microcuencas y subcuencas de acuerdo con sus usos y costumbres. Las organizaciones tradicionales de estas comunidades tienen los mismos derechos que las organizaciones de usuarios.

CAPÍTULO VI CUENCAS Y ENTIDADES MULTINACIONALES

Artículo 33°.- Acuerdos multinacionales La Autoridad Nacional coordina con el Ministerio de Relaciones Exteriores la suscripción de acuerdos multinacionales que tengan por finalidad la gestión integrada del agua en las cuencas transfronterizas.

TÍTULO III USOS DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

Artículo 34°.- Condiciones generales para el uso de los recursos hídricos El uso de los recursos hídricos se encuentra condicionado a su disponibilidad. El uso del agua debe realizarse en forma eficiente y con respeto a los derechos de terceros, de acuerdo con lo establecido en la Ley, promoviendo que se mantengan o mejoren las características físico-químicas del agua, el régimen hidrológico en beneficio del ambiente, la salud pública y la seguridad nacional.

Artículo 35°.- Clases de usos de agua y orden de prioridad La Ley reconoce las siguientes clases de uso de agua:

1. Uso primario.
2. Uso poblacional.
3. Uso productivo.

La prioridad para el otorgamiento y el ejercicio de los usos anteriormente señalados sigue el orden en que han sido enunciados.

Artículo 36°.- Uso primario del agua El uso primario consiste en la utilización directa y efectiva de la misma, en las fuentes naturales y cauces públicos de agua, con el fin de satisfacer necesidades humanas primarias. Comprende el uso de agua para la preparación de alimentos, el consumo directo y el aseo personal; así como su uso en ceremonias culturales, religiosas y rituales.

Artículo 37°.- Características del uso primario El uso primario del agua no requiere autorización administrativa y se ejerce por la sola disposición de la Ley. Es inocuo al ambiente y a terceros, no tiene fin lucrativo y se ejerce en forma gratuita por las personas, bajo su propia responsabilidad, restringido solo a medios manuales y condicionado a que:

1. No altere las fuentes de agua en su cantidad y calidad, y
2. no afecte los bienes asociados al agua.

Artículo 38°.- Zonas de libre acceso para el uso primario El Estado garantiza el libre acceso a las fuentes naturales y cauces artificiales públicos, sin alterarlos y evitando su contaminación, para satisfacer directamente las necesidades primarias de la población. La Autoridad Nacional fija, cuando sea necesario, lugares o zonas de libre acceso.

Artículo 39°.- Uso poblacional del agua El uso poblacional consiste en la captación del agua de una fuente o red pública, debidamente tratada, con el fin de satisfacer las necesidades humanas básicas: preparación de alimentos y hábitos de aseo personal. Se ejerce mediante derechos de uso de agua otorgados por la Autoridad Nacional.

Artículo 40°.- Acceso de la población a las redes de agua potable El Estado garantiza a todas las personas el derecho de acceso a los servicios de agua potable, en cantidad suficiente y en condiciones de seguridad y calidad para satisfacer necesidades personales y domésticas.

Artículo 41°.- Restricciones de uso del agua poblacional En estados de escasez hídrica, las autoridades locales, regionales y nacionales responsables de la regulación de servicios de suministro de agua potable deben dictar medidas de racionamiento para restringir el uso del agua que no esté destinado para satisfacer las necesidades personales.

Artículo 42°.- Uso productivo del agua El uso productivo del agua consiste en la utilización de la misma en procesos de producción o previos a los mismos. Se ejerce mediante derechos de uso de agua otorgados por la Autoridad Nacional.

Artículo 43°.- Tipos de uso productivo del agua

Son tipos de uso productivo los siguientes:

1. Agrario: pecuario y agrícola;
2. Acuícola y pesquero;
3. Energético;
4. Industrial;
5. Medicinal;
6. Minero;
7. Recreativo;
8. Turístico; y
9. de transporte.

Se podrá otorgar agua para usos no previstos, respetando las disposiciones de la presente Ley.

TÍTULO IV DERECHOS DE USO DE AGUA

CAPÍTULO I DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 44°.- Derechos de uso de agua Para usar el recurso agua, salvo el uso primario, se requiere contar con un derecho de uso otorgado por la Autoridad Administrativa del Agua con participación del Consejo de Cuenca Regional o Interregional, según corresponda. Los derechos de uso de agua se otorgan, suspenden, modifican o extinguen por resolución administrativa de la Autoridad Nacional, conforme a ley.

Artículo 45°.- Clases de derechos de uso de agua Los derechos de uso de agua son los siguientes:

1. Licencia de uso.
2. Permiso de uso.
3. Autorización de uso de agua.

Artículo 46°.- Garantía en el ejercicio de los derechos de uso Se encuentra prohibido alterar, modificar, perturbar o impedir el uso legítimo del agua. El Estado garantiza el cumplimiento de los derechos de uso otorgados.

CAPÍTULO II LICENCIA DE USO DE AGUA

Artículo 47°.- Definición La licencia de uso del agua es un derecho de uso mediante el cual la Autoridad Nacional, con opinión del Consejo de Cuenca respectivo, otorga a su titular la facultad de usar este recurso natural, con un fin y en un lugar determinado, en los términos y condiciones previstos en los dispositivos legales vigentes y en la correspondiente resolución administrativa que la otorga.

Artículo 48°.- Clases de licencia de uso La licencia de uso del agua puede ser otorgada para uso consuntivo y no consuntivo.

Artículo 49°.- Reversión de recursos hídricos La Autoridad Nacional, con opinión del Consejo de Cuenca, promueve la reversión de los excedentes de recursos hídricos que se obtengan en virtud del cumplimiento de la presente norma, considerando para ello la normativa establecida por el Ministerio del Ambiente en la materia de su competencia.

Los usuarios u operadores de infraestructura hidráulica que generen excedentes de recursos hídricos y que cuenten con un certificado de eficiencia tienen preferencia en el otorgamiento de nuevos derechos de uso de agua que se otorguen sobre los recursos excedentes. El Reglamento establece las condiciones para la aplicación de lo establecido en el presente artículo.

Artículo 50°.- Características de la licencia de uso Son características de la licencia de uso las siguientes:

1. Otorgar a su titular facultades para usar y registrar una dotación anual de agua expresada en metros cúbicos, extraída de una fuente, pudiendo ejercer las acciones legales para su defensa;
2. se extingue por las causales previstas en la Ley;
3. su plazo es indeterminado mientras subsista la actividad para la que fue otorgada;
4. atribuye al titular la potestad de efectuar directamente o en coparticipación, según el caso, inversiones en tratamiento, transformación y reutilización para el uso otorgado. El agua excedente se entrega a la Autoridad Nacional para su distribución;
5. faculta a ejercer las servidumbres previstas en esta Ley y de acuerdo con las actividades y tipo de uso del agua que realice el titular;
6. es inherente al objeto para el cual fue otorgado; y,
7. las licencias de uso no son transferibles. Si el titular no desea continuar usándola debe revertirla al Estado, a través de la Autoridad Nacional.

Artículo 51°.- Licencia de uso en bloque Se puede otorgar licencia de uso de agua en bloque para una organización de usuarios de agua reconocida, integrada por una pluralidad de personas naturales o jurídicas que usen una fuente de agua con punto de captación común. Las organizaciones titulares de licencias de uso de agua en bloque emiten certificados nominativos que representen la parte que corresponde de la licencia a cada uno de sus integrantes.

Artículo 52°.- Licencias provisionales La Autoridad Nacional, con opinión del Consejo de Cuenca, a solicitud de parte, siempre y cuando existan recursos hídricos excedentes y no se afecten derechos de uso de terceros, otorga licencias provisionales a los titulares de concesiones otorgadas por las entidades públicas competentes que tengan como fin la realización de estudios en cualquier actividad. La licencia provisional es de plazo determinado y no puede superar el de las concesiones que la originan. Se otorga de conformidad con las condiciones, actos y requisitos previstos en la Ley, el Reglamento y en la propia resolución de otorgamiento. Cumplidas las condiciones bajo las cuales se otorgó la licencia provisional se procede, a solicitud de parte, al otorgamiento de la licencia de uso que faculte a su titular para hacer uso efectivo del agua.

Artículo 53°.- Otorgamiento y modificación de la licencia de uso El otorgamiento, suspensión o modificación de una licencia de uso de agua se tramita conforme al procedimiento establecido en el Reglamento. Para ser otorgada se requiere lo siguiente:

1. Que exista la disponibilidad del agua solicitada y que ésta sea apropiada en calidad, cantidad y oportunidad para el uso al que se destine;
2. que la fuente de agua a la que se contrae la solicitud tenga un volumen de agua disponible que asegure los caudales ecológicos, los niveles mínimos de reservas o seguridad de almacenamiento y las condiciones de navegabilidad, cuando corresponda y según el régimen hidrológico;
3. que no ponga en riesgo la salud pública y el ambiente;
4. que no se afecte derechos de terceros;
5. que guarde relación con el plan de gestión del agua de la cuenca;
6. que el interesado presente el instrumento ambiental pertinente aprobado por la autoridad ambiental sectorial competente; y
7. que hayan sido aprobadas las servidumbres, así como las obras de captación, alumbramiento, producción o regeneración, conducción, utilización, avenamiento, medición y las demás que fuesen necesarias.

Artículo 54°.- Requisitos de la solicitud de licencia de uso La solicitud es presentada ante la Autoridad Nacional, conteniendo además de los requisitos indicados en el artículo 113° de la Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General, los siguientes:

1. El uso al que se destine el agua;
2. la fuente de captación, curso o cuerpo de agua a usar, señalando la cuenca hidrográfica a la que pertenece, su ubicación política y geográfica y principales características de interés;
3. la ubicación de los lugares de captación, devolución o la delimitación del área de la fuente de uso, según corresponda, con los planos correspondientes;
4. el volumen anualizado requerido y el estimado de descarga, cuando corresponda y otras características, de acuerdo con la licencia solicitada;
5. certificación ambiental emitida conforme a la legislación respectiva, cuando corresponda;
6. la especificación de las servidumbres que se requieran; y
7. acreditación de la propiedad o posesión legítima del predio donde se utilizará el agua solicitada, cuando corresponda.

A las solicitudes de uso de agua se aplica el silencio administrativo negativo.

Artículo 55°.- Prioridad para el otorgamiento en el uso del agua Existe concurrencia de solicitudes cuando en cualquier etapa del procedimiento administrativo de otorgamiento de un derecho de uso de agua se presenta más de una solicitud sobre una misma fuente de agua. Cuando la disponibilidad del recurso no sea suficiente para atender todas las solicitudes concurrentes, el otorgamiento debe realizarse conforme a las siguientes reglas:

1. El orden de prioridad general establecido en la Ley;
2. el orden de preferencias de los usos productivos establecido por la Autoridad Nacional, tomando en cuenta lo establecido en los artículos 35° y 43°; y,

3. tratándose de un mismo uso productivo, la que sea de mayor interés público, conforme a los siguientes criterios: a) La mayor eficiencia en la utilización del agua; b) la mayor generación de empleo; y,
- c) el menor impacto ambiental.

En igualdad de condiciones, tiene derecho de preferencia la solicitud que tenga mayor antigüedad en su presentación. Cuando se presenten dos (2) o más solicitudes para un mismo uso y el recurso no fuera suficiente, la Autoridad Nacional, con la opinión del Consejo de Cuenca respectivo, define la prioridad para el otorgamiento y/o el uso o usos de agua que sirvan mejor al interés de la Nación, el desarrollo del país y el bien común, dentro de los límites y principios establecidos en la Ley.

Artículo 56°.- Derechos que confiere la licencia de uso Los titulares de licencias de uso tienen derecho a lo siguiente:

1. Utilizar el agua, los bienes de dominio público hidráulico, así como los bienes artificiales asociados al agua de acuerdo con las disposiciones de la Ley, el Reglamento y la respectiva resolución administrativa que lo otorga;
2. solicitar la modificación, suspensión o extinción de la licencia;
3. realizar estudios, obras e instalaciones hidráulicas para ejercitar su derecho de uso;
4. ejercer las servidumbres que correspondan, indispensables para el uso del agua y la evacuación de sus sobrantes; y
5. los demás derechos previstos en la Ley.

Artículo 57°.- Obligaciones de los titulares de licencia de uso Los titulares de licencia de uso tienen las siguientes obligaciones:

1. Utilizar el agua con la mayor eficiencia técnica y económica, en la cantidad, lugar y para el uso otorgado, garantizando el mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales, y evitando su contaminación;
2. cumplir oportunamente con el pago de la retribución económica por el uso del agua y las tarifas, cuando corresponda;
3. mantener en buenas condiciones la infraestructura necesaria para el uso del agua que le fue otorgada en los términos y condiciones que establece la Ley y el Reglamento, sin afectar a terceros, al desarrollo hidráulico, a las fuentes de agua, ni a la cuenca;
4. permitir las inspecciones que realice o disponga la Autoridad Nacional, en cumplimiento de sus funciones;
5. instalar los dispositivos de control y medición de agua, conservándolos y manteniéndolos en buen estado;
6. dar aviso oportuno a la Autoridad Nacional cuando, por causa justificada, no utilice transitoria, parcial o totalmente las aguas; situación que no acarrea la pérdida del derecho otorgado;
7. contribuir a la conservación, mantenimiento y desarrollo de la cuenca;
8. participar en las organizaciones de usuarios de agua correspondientes; y
9. las demás previstas en la Ley.

CAPÍTULO III OTROS DERECHOS DE USO DE AGUA

Artículo 58°.- Permiso de uso de agua para épocas de superávit hídrico El permiso de uso de agua para épocas de superávit hídrico es un derecho de duración indeterminada y de ejercicio eventual, mediante la Autoridad Nacional, con opinión del Consejo de Cuenca, otorga a su titular la facultad de usar una indeterminada cantidad de agua variable proveniente de una fuente natural. El estado de superávit hídrico es declarado por la Autoridad Nacional cuando se han cubierto los requerimientos de los titulares de licencias de uso del sector o distrito hidráulico.

Artículo 59°.- Permiso de uso sobre aguas residuales El permiso de uso sobre aguas residuales, otorgado por la Autoridad Nacional, es un derecho de uso de duración indeterminada, mediante el cual se otorga a su titular la facultad de usar una determinada cantidad de agua variable, proveniente de filtraciones resultantes del ejercicio del derecho de los titulares de licencias de uso. Los titulares de licencias que producen las filtraciones no son responsables de las consecuencias o de los perjuicios que puedan sobrevenir si variara la calidad, el caudal o volumen, u oportunidad o si dejara de haber sobrantes de agua en cualquier momento o por cualquier motivo.

Artículo 60°.- Requisitos del permiso de uso Son requisitos para obtener un permiso de uso de agua los siguientes:

1. Que el solicitante acredite ser propietario o poseedor legítimo del predio en el que hará uso eventual del recurso; y que el predio cuente con las obras autorizadas de captación, conducción, utilización, avenamiento, medición y las demás que fuesen necesarias para el uso eventual del recurso.

Artículo 61°.- Otorgamiento, modificación y extinción del permiso de uso de agua Al otorgamiento, modificación y extinción del permiso de uso se le aplican las disposiciones sobre licencia de uso, en lo que corresponda. La solicitud y resolución administrativa de otorgamiento de permiso de uso contiene los mismos datos que los establecidos para la licencia de uso, cuando corresponda.

Artículo 62°.- Autorización de uso de agua La autorización de uso de agua es de plazo determinado, no mayor a dos (2) años, mediante el cual la Autoridad Nacional otorga a su titular la facultad de usar una cantidad anual de agua para cubrir exclusivamente las necesidades de aguas derivadas o relacionadas directamente con lo siguiente:

1. Ejecución de estudios.
2. Ejecución de obras.
3. Lavado de suelos.

La autorización de uso puede ser prorrogada por una única vez, por un plazo similar, siempre que subsistan las condiciones que dieron origen a su otorgamiento. Los requisitos son determinados en el Reglamento.

Artículo 63°.- Otorgamiento, modificación y extinción de la autorización de uso de agua El otorgamiento, la modificación y la extinción de la autorización de uso se rigen por las disposiciones sobre licencia de uso. La solicitud y la resolución administrativa de otorgamiento de autorización de uso de agua contienen los mismos requisitos establecidos para la licencia de uso de agua.

Artículo 64°.- Derechos de comunidades campesinas y de comunidades nativas El Estado reconoce y respeta el derecho de las comunidades campesinas y comunidades nativas de utilizar las aguas existentes o que discurren por sus tierras, así como sobre las cuencas de donde nacen dichas aguas, tanto para fines económicos, de transporte, de supervivencia y culturales, en el marco de lo establecido en la Constitución Política del Perú, la normativa sobre comunidades y la Ley. Este derecho es imprescriptible, prevalente y se ejerce de acuerdo con los usos y costumbres ancestrales de cada comunidad. Ningún artículo de la Ley debe interpretarse de modo que menoscabe los derechos reconocidos a los pueblos indígenas en el Convenio 169 de la Organización Internacional de Trabajo.

Artículo 65°.- Definición de servidumbre de agua

La servidumbre de agua es el gravamen que recae sobre un predio para el uso del agua. Se sujeta a los plazos y formalidades establecidas en la Ley. Puede ser:

1. Natural.- Obliga al titular de un predio a permitir el paso del agua que discurre en forma natural. Tiene duración indefinida.
2. Voluntaria.- Se constituye por acuerdo con el propietario del predio sirviente para hacer efectivo el derecho de uso de agua pudiendo pactarse a título gratuito u oneroso. Tiene la duración que hayan acordado las partes.
3. Forzosa.- Se constituye mediante resolución de la Autoridad Nacional. Tiene una duración igual al plazo previsto por el derecho de uso de agua.

Artículo 66°.- Compensación e indemnización La servidumbre de agua forzosa y la servidumbre de agua voluntaria a título oneroso obliga a su titular a pagar una compensación por el uso del bien gravado y, de ser el caso, a indemnizar por el perjuicio que ella cause. El monto de la compensación y la indemnización es determinado por acuerdo entre las partes o, en su defecto, lo fija la Autoridad Nacional.

Artículo 67°.- Obligaciones y derechos del titular de la servidumbre de agua El titular de la servidumbre de agua está obligado a construir y conservar las obras que fueran necesarias para el ejercicio de la misma y tiene derecho de paso con fines de vigilancia y conservación de las referidas obras.

Artículo 68°.- Extinción de la servidumbre forzosa de agua La Autoridad Nacional, a pedido de parte o de oficio, declara la extinción de la servidumbre forzosa cuando:

1. Quien solicitó la servidumbre no lleve a cabo las obras respectivas dentro del plazo otorgado;
2. se demuestre que la servidumbre permanece sin uso por más de dos (2) años consecutivos;
3. concluya la finalidad para la cual se constituyó la servidumbre;
4. se destine la servidumbre, sin autorización previa, a fin distinto al solicitado; y
5. cuando vence el plazo de la servidumbre.

Artículo 69°.- Servidumbres reguladas por leyes especiales Las servidumbres de agua con fines energéticos y de saneamiento se regulan por sus leyes especiales.

CAPÍTULO IV EXTINCIÓN DE LOS DERECHOS DE USO DE AGUA

Artículo 70°.- Causales de extinción de los derechos de uso de agua Los derechos de uso de agua previstos en la Ley se extinguen por lo siguiente:

1. Renuncia del titular;
2. nulidad del acto administrativo que lo otorgó;
3. caducidad;
4. revocación; y
5. resolución judicial consentida o ejecutoriada que disponga la extinción del derecho.

La declaratoria de extinción de los derechos de uso de agua determina la reversión al dominio del Estado de los volúmenes otorgados.

Artículo 71°.- Caducidad de los derechos de uso Son causales de caducidad de los derechos de uso las siguientes:

1. La muerte del titular del derecho;
2. el vencimiento del plazo del derecho de uso de agua;
3. conclusión del objeto para el que se otorgó el derecho; y
4. falta de ejercicio del derecho durante dos (2) años consecutivos o acumulados en un período de cinco (5) años sin justificación, siempre que esta causal sea imputable al titular.

Artículo 72°.- Revocación de los derechos de uso de agua Son causales de revocación de los derechos de uso las siguientes:

1. La falta de pago de dos (2) cuotas consecutivas de la retribución económica del agua por uso o del derecho de vertimiento, de las tarifas de agua o de cualquier otra obligación económica con la Autoridad Nacional;
2. cuando se destine el agua, sin autorización previa de la Autoridad Nacional, a un fin distinto para el cual fue otorgado;
3. cuando el titular del derecho de uso de agua haya sido sancionado dos (2) veces por infracciones graves; y
4. la escasez del recurso, declarada formalmente por la Autoridad Nacional, o problemas de calidad que impidan su uso.

Las sanciones deben haber sido establecidas por resolución administrativa firme. La caducidad y la revocación son declaradas en primera instancia por la Autoridad Administrativa del Agua. Para aplicar las causales de revocación se debe seguir previamente el procedimiento sancionador establecido en el Reglamento.

TÍTULO V PROTECCIÓN DEL AGUA

Artículo 73°.- Clasificación de los cuerpos de agua Los cuerpos de agua pueden ser clasificados por la Autoridad Nacional teniendo en cuenta la cantidad y calidad del agua, consideraciones hidrográficas, las necesidades de las poblaciones locales y otras razones técnicas que establezca.

Artículo 74°.- Faja marginal En los terrenos aledaños a los cauces naturales o artificiales, se mantiene una faja marginal de terreno necesaria para la protección, el uso primario del agua, el libre tránsito, la pesca, caminos de vigilancia u otros servicios. El Reglamento determina su extensión.

Artículo 75°.- Protección del agua La Autoridad Nacional, con opinión del Consejo de Cuenca, debe velar por la protección del agua, que incluye la conservación y protección de sus fuentes, de los ecosistemas y de los bienes naturales asociados a ésta en el marco de la Ley y demás normas aplicables. Para dicho fin, puede coordinar con las instituciones públicas competentes y los diferentes usuarios. La Autoridad Nacional, a través del Consejo de Cuenca correspondiente, ejerce funciones de vigilancia y fiscalización con el fin de prevenir y combatir los efectos de la contaminación del mar, ríos y lagos en lo que le corresponda. Puede coordinar, para tal efecto, con los sectores de la administración pública, los gobiernos regionales y los gobiernos locales. El Estado reconoce como zonas ambientalmente vulnerables las cabeceras de cuenca donde se originan las aguas. La Autoridad Nacional, con opinión del Ministerio del Ambiente, puede declarar zonas intangibles en las que no se otorga ningún derecho para uso, disposición o vertimiento de agua.

Artículo 76°.- Vigilancia y fiscalización del agua La Autoridad Nacional en coordinación con el Consejo de Cuenca, en el lugar y el estado físico en que se encuentre el agua, sea en sus cauces naturales o artificiales, controla, supervisa, fiscaliza el cumplimiento de las normas de calidad ambiental del agua sobre la base de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA-Agua) y las disposiciones y programas para su implementación establecidos por autoridad del ambiente. También establece medidas para prevenir, controlar y remediar la contaminación del agua y los bienes asociados a esta. Asimismo, implementa actividades de vigilancia y monitoreo, sobre todo en las cuencas donde existan actividades que pongan en riesgo la calidad o cantidad del recurso.

Artículo 77°.- Agotamiento de la fuente Una fuente de agua puede ser declarada agotada por la Autoridad Nacional, previo estudio técnico. A partir de dicha declaración no se puede otorgar derechos de uso de agua adicionales, salvo extinción de alguno de los derechos de uso previamente existentes.

Artículo 78°.- Zonas de veda y zonas de protección La Autoridad Nacional puede declarar zonas de veda y zonas de protección del agua para proteger o restaurar el ecosistema y para preservar fuentes y cuerpos de agua, así como los bienes asociados al agua. En estos casos se puede limitar o suspender de manera temporal los derechos de uso de agua. Cuando el riesgo invocado para la declaratoria señalada afecte la salud de la población, se debe contar con la opinión sustentada y favorable de la Autoridad de Salud.

Artículo 79°.- Vertimiento de agua residual La Autoridad Nacional autoriza el vertimiento del agua residual tratada a un cuerpo natural de agua continental o marina, previa opinión técnica favorable de las Autoridades Ambiental y de Salud sobre el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA-Agua) y Límites Máximos Permisibles (LMP). Queda prohibido el vertimiento directo o indirecto de agua residual sin dicha autorización. En caso de que el vertimiento del agua residual tratada pueda afectar la calidad del cuerpo receptor, la vida acuática asociada a este o sus bienes asociados, según los estándares de calidad establecidos o estudios específicos realizados y sustentados científicamente, la Autoridad Nacional debe disponer las medidas adicionales que hagan desaparecer o disminuyan el riesgo de la calidad del agua, que puedan incluir tecnologías superiores, pudiendo inclusive suspender las autorizaciones que se hubieran otorgado al efecto. En caso de que el vertimiento afecte la salud o modo de vida de la población local, la Autoridad Nacional suspende inmediatamente las autorizaciones otorgadas. Corresponde a la autoridad sectorial competente la autorización y el control de las descargas de agua residual a los sistemas de drenaje urbano o alcantarillado.

Artículo 80°.- Autorización de vertimiento Todo vertimiento de agua residual en una fuente natural de agua requiere de autorización de vertimiento, para cuyo efecto debe presentar el instrumento ambiental pertinente aprobado por la autoridad ambiental respectiva, el cual debe contemplar los siguientes aspectos respecto de las emisiones:

1. Someter los residuos a los necesarios tratamientos previos.
2. Comprobar que las condiciones del receptor permitan los procesos naturales de purificación.

La autorización de vertimiento se otorga por un plazo determinado y prorrogable, de acuerdo con la duración de la actividad principal en la que se usa el agua y está sujeta a lo establecido en la Ley y en el Reglamento.

Artículo 81°.- Evaluación de impacto ambiental Sin perjuicio de lo establecido en la Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental, para la aprobación de los estudios de impacto ambiental relacionados con el recurso hídrico se debe contar con la opinión favorable de la Autoridad Nacional.

Artículo 82°.- Reutilización de agua residual La Autoridad Nacional, a través del Consejo de Cuenca, autoriza el reúso del agua residual tratada, según el fin para el que se destine la misma, en coordinación con la autoridad sectorial competente y, cuando corresponda, con la Autoridad Ambiental Nacional. El titular de una licencia de uso de agua está facultado para reutilizar el agua residual que genere siempre que se trate de los mismos fines para los cuales fue otorgada la licencia. Para actividades distintas, se requiere autorización. La distribución de las aguas residuales tratadas debe considerar la oferta hídrica de la cuenca.

Artículo 83°.- Prohibición de vertimiento de algunas sustancias Está prohibido verter sustancias contaminantes y residuos de cualquier tipo en el agua y en los bienes asociados a ésta, que representen riesgos significativos según los criterios de toxicidad, persistencia o bioacumulación. La Autoridad Ambiental respectiva, en coordinación con la Autoridad Nacional, establece los criterios y la relación de sustancias prohibidas.

Artículo 84°.- Régimen de incentivos La Autoridad Nacional, en coordinación con el Consejo de Cuenca, otorga reconocimientos e incentivos a favor de quienes desarrollen acciones de prevención de la contaminación del agua y de desastres, forestación, reforestación o de inversión en tecnología y utilización de prácticas, métodos o procesos que coadyuven a la protección del agua y la gestión integrada del agua en las cuencas. La Autoridad Nacional, en coordinación con el Consejo de Cuenca y el Ministerio del Ambiente, promueve los mecanismos de protección de la cuenca a fin de contribuir a la conservación y protección del agua y bienes asociados, así como el diseño de los mecanismos para que los usuarios de agua participen activamente en dichas actividades. Los titulares de derechos de uso de agua que inviertan en trabajos destinados al uso eficiente, a la protección y conservación del agua y sus bienes asociados y al mantenimiento y desarrollo de la cuenca hidrográfica pueden deducir las inversiones que efectúen para tales fines de los pagos por concepto de retribución económica o tarifas de agua, de acuerdo con los criterios y porcentaje que son fijados en el Reglamento. Este beneficio no es aplicable a quienes hayan percibido otro beneficio de parte del Estado por el mismo trabajo ni cuando resulte del cumplimiento de una obligación de la normativa sectorial.

Artículo 85°.- Certificación de aprovechamiento eficiente

1. El certificado de eficiencia es el instrumento mediante el cual la Autoridad Nacional certifica el aprovechamiento eficiente de los recursos hídricos por parte de los usuarios y operadores de infraestructura hidráulica.
2. La Autoridad Nacional otorga “certificados de eficiencia” a los usuarios y operadores de infraestructura hidráulica, que cumplan con los parámetros de eficiencia.
3. La Autoridad Nacional otorga “certificados de creatividad, innovación e implementación para la eficiencia del uso del agua” a los usuarios y operadores de infraestructura hidráulica que diseñen, desarrollen o implementen equipos, procedimientos o tecnologías que incrementen la eficiencia en el aprovechamiento de los recursos hídricos, así como la conservación de bienes naturales y el mantenimiento adecuado y oportuno de la infraestructura hidráulica.

Artículo 86°.- Incentivos institucionales Para promover el aprovechamiento eficiente y la conservación de los recursos hídricos, la Autoridad Nacional puede organizar concursos de mejores prácticas, realizar pasantías, otorgar premios, difundir experiencias exitosas y promover el uso de equipos y tecnologías innovadoras. Pueden ser beneficiarios de los incentivos mencionados en el primer párrafo los

usuarios y operadores de infraestructura hidráulica, que cuenten con uno de los certificados señalados en el artículo 85°. El Reglamento establece los requisitos, procedimientos y criterios para la aplicación de los incentivos.

Artículo 87°.- Aguas desalinizadas El recurso hídrico que se obtenga por desalinización puede ser utilizado por el titular en beneficio propio o para abastecer a terceros; y le es aplicable lo establecido en el artículo 110° en lo referente al otorgamiento del derecho de uso.

Artículo 88°.- Currícula educativa La Autoridad Nacional promueve la inclusión en el plan de estudios regular del Sector Educación de asignaturas respecto a la cultura y valoración de los recursos hídricos, su aprovechamiento eficiente así como su conservación e incremento.

Artículo 89°.- Prevención ante efectos de cambio climático La Autoridad Nacional, en coordinación con la Autoridad del Ambiente, debe desarrollar estrategias y planes para la prevención y adaptación a los efectos del cambio climático y sus efectos sobre la cantidad de agua y variaciones climáticas de orden local, regional y nacional. Asimismo, realiza el análisis de vulnerabilidad del recurso hídrico, glaciares, lagunas y flujo hídrico frente a este fenómeno.

TÍTULO VI RÉGIMEN ECONÓMICO POR EL USO DEL AGUA

Artículo 90°.- Retribuciones económicas y tarifas Los titulares de los derechos de uso de agua están obligados a contribuir al uso sostenible y eficiente del recurso mediante el pago de lo siguiente:

1. Retribución económica por el uso del agua;
2. retribución económica por el vertimiento de uso de agua residual;
3. tarifa por el servicio de distribución del agua en los usos sectoriales;
4. tarifa por la utilización de la infraestructura hidráulica mayor y menor; y
5. tarifa por monitoreo y gestión de uso de aguas subterráneas.

El Reglamento establece la oportunidad y periodicidad de las retribuciones económicas, las cuales constituyen recursos económicos de la Autoridad Nacional. Los ingresos por los diferentes usos del agua se administran por la Autoridad Nacional de Aguas y se distribuyen de acuerdo con el Reglamento, respetando los porcentajes y derechos señalados en esta Ley.

Artículo 91°.- Retribución por el uso de agua La retribución económica por el uso del agua es el pago que en forma obligatoria deben abonar al Estado todos los usuarios de agua como contraprestación por el uso del recurso, sea cual fuere su origen. Se fija por metro cúbico de agua utilizada cualquiera sea la forma del derecho de uso otorgado y es establecida por la Autoridad Nacional en función de criterios sociales, ambientales y económicos.

Artículo 92°.- Retribución económica por el vertimiento de agua residual La retribución por el vertimiento de agua residual es el pago que el titular del derecho efectúa por verter agua residual en un cuerpo de agua receptor. Este pago debe realizarse en función de la calidad y volumen del vertimiento y no sustituye el cumplimiento de lo dispuesto en la Ley y en otras normas referidas a la protección y conservación del agua.

Artículo 93°.- Tarifa por la utilización de infraestructura hidráulica mayor y menor La tarifa por la utilización de infraestructura hidráulica mayor y menor es el pago que el titular del derecho efectúa a la entidad pública a cargo de la infraestructura o la entidad que lo realice por delegación expresa de la primera, por concepto de operación, mantenimiento, reposición, administración y la recuperación de la inversión pública empleada, conforme a ley.

Artículo 94°.- Tarifa por el servicio de monitoreo y gestión de las aguas subterráneas La tarifa por el servicio de monitoreo y gestión de las aguas subterráneas es el pago que hacen los usuarios de aguas subterráneas con fines productivos y cuyos fondos se destinan a monitorear el uso de esta agua y el nivel freático, así como para gestionar el uso de esta agua para hacer sostenible su disponibilidad.

Artículo 95°.- Criterios de autosostenibilidad

1. El valor de las retribuciones económicas se fija bajo criterios que permitan lo siguiente:
 - a. Cubrir los costos de la gestión integrada del agua a cargo de la Autoridad Nacional, el Consejo de Cuenca, incluyendo los vinculados con el manejo del correspondiente sistema de información; y
 - b. cubrir los costos de recuperación o remediación del recurso y los daños ambientales que cause el vertimiento.
2. Los valores de las tarifas se fijan bajo criterios que permitan lo siguiente:
 - a. Cubrir los costos de operación, mantenimiento, rehabilitación, mejoramiento y reposición de la infraestructura existente y el desarrollo de nueva infraestructura;
 - b. mejorar la situación socioeconómica de la cuenca hidrográfica; y c. establecer su monto según rentabilidad de la actividad económica.

Artículo 96°.- Del financiamiento y cofinanciamiento El Estado, a través de sus entidades públicas en los diferentes niveles de gobierno, prioriza el financiamiento o cofinanciamiento de estudios y la ejecución, rehabilitación y equipamiento de obras de infraestructura hidráulica que tengan por objeto lograr la reducción de pérdidas volumétricas de agua, el aprovechamiento eficiente y la conservación de los recursos hídricos en la infraestructura hidráulica pública. Pueden beneficiarse con financiamiento o cofinanciamiento establecido en el primer párrafo los usuarios y los operadores de infraestructura hidráulica que cuenten con un certificado de eficiencia o certificado de creatividad, innovación e implementación para la eficiencia del uso del agua. Los requisitos, procedimiento y criterios para la selección de los proyectos se establecen en el Reglamento.

TÍTULO VII PLANIFICACIÓN DE LA GESTIÓN DEL AGUA

Artículo 97°.- Objetivo de la planificación de la gestión del agua La planificación de la gestión del agua tiene por objetivo equilibrar y armonizar la oferta y demanda de agua, protegiendo su cantidad y calidad, propiciando su utilización eficiente y contribuyendo con el desarrollo local, regional y nacional.

Artículo 98°.- Demarcación de las cuencas hidrográficas La Autoridad Nacional aprueba la demarcación territorial de las cuencas hidrográficas.

Artículo 99°.- Instrumentos de planificación del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos Son instrumentos de planificación del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos los siguientes:

- a. La Política Nacional Ambiental;
- b. La Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos;
- c. El Plan Nacional de los Recursos Hídricos; y
- d. Los Planes de Gestión de Recursos Hídricos en las Cuencas.

La elaboración, implementación y trámite de aprobación son de responsabilidad de la Autoridad Nacional y el Consejo de Cuenca, detallados en el Reglamento.

Artículo 100°.- Plan Nacional de los Recursos Hídricos El Plan Nacional de los Recursos Hídricos contiene la programación de proyectos y actividades estableciendo sus costos, fuentes de financiamiento, criterios de recuperación de inversiones, entidades responsables y otra información relevante relacionada con la política nacional de gestión de los recursos hídricos. El Plan Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos es aprobado por decreto supremo a propuesta del Consejo Directivo de la Autoridad Nacional.

Artículo 101°.- Plan de adecuación para el aprovechamiento eficiente de recursos hídricos Los usuarios y operadores de infraestructura hidráulica que no cumplan los parámetros de eficiencia establecidos por la Autoridad Nacional deben presentar un plan de adecuación para el aprovechamiento eficiente de recursos hídricos a fin de reducir sus consumos anuales hasta cumplir, en un período no mayor de cinco (5) años, con los parámetros de eficiencia. El plan de adecuación debe contener, como mínimo, las metas anuales de reducción de pérdidas volumétricas de agua, los procesos que se implementan para lograr dichas metas. Así como los parámetros de eficiencia, acceso al financiamiento o cofinanciamiento. Los costos que se generen en virtud de la elaboración y ejecución del plan de adecuación para el aprovechamiento eficiente de recursos hídricos son de cargo de los usuarios y operadores de infraestructura hidráulica. La Autoridad Nacional aprueba y supervisa la ejecución del plan de adecuación para el aprovechamiento eficiente de recursos hídricos y sanciona su incumplimiento, de conformidad con lo previsto en el Reglamento, considerando para ello la normativa establecida por el Ministerio del Ambiente en materia de su competencia.

Artículo 102°.- Política y estrategia nacional de recursos hídricos La política y estrategia nacional de recursos hídricos está conformada por el conjunto de principios, lineamientos, estrategias e instrumentos de carácter público, que definen y orientan el accionar de las entidades del sector público y privado para garantizar la atención de la demanda y el mejor uso del agua del país en el corto, mediano y largo plazo, en el marco de la política nacional ambiental. La política y estrategia nacional de recursos hídricos es aprobada por decreto supremo a propuesta del Consejo Directivo de la Autoridad Nacional.

TÍTULO VIII INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA

Artículo 103°.- Reserva de recursos hídricos La reserva de recursos hídricos es un derecho especial intransferible que se otorga por resolución de la Autoridad Nacional para el desarrollo de proyectos, que reserva un volumen de agua para su uso consuntivo o no consuntivo, en el marco del plan de gestión de recursos hídricos de la cuenca. Se otorga por el período de elaboración de estudios y ejecución del proyecto separadamente y no faculta al uso del agua. La solicitud de prórroga puede aprobarse por causas debidamente justificadas. Los requisitos para solicitar la reserva de agua son establecidos en el Reglamento y deben incluir la capacidad técnica y financiera del solicitante. Este derecho puede ser revocado por el incumplimiento injustificado del cronograma de elaboración de estudios y ejecución del proyecto y por lo dispuesto en el Título IV de la Ley, en lo que corresponda.

Artículo 104°.- Aprobación de obras de infraestructura hidráulica La Autoridad Nacional, en concordancia con el Consejo de Cuenca, aprueba la ejecución de obras de infraestructura pública o privada que se proyecten en los cauces y cuerpos de agua naturales y artificiales, así como en los bienes asociados al agua correspondiente. En el caso de grandes obras hidráulicas y de trasvase entre cuencas, la Autoridad Nacional aprueba su ejecución. La aprobación está sujeta a la presentación de la certificación ambiental de la autoridad competente, según corresponda.

Artículo 105°.- Participación del sector privado en la infraestructura hidráulica El Estado promueve la participación del sector privado en la construcción y mejoramiento de la infraestructura hidráulica, así como en la prestación de los servicios de operación y mantenimiento de la misma. En la ejecución de proyectos de infraestructura hidráulica en tierras de las comunidades campesinas y comunidades nativas, el Estado establece el mecanismo para hacerlas partícipes de los beneficios una vez que opere el proyecto.

Artículo 106°.- Seguridad de la infraestructura hidráulica mayor La Autoridad Nacional, en materia de seguridad de la infraestructura hidráulica mayor, tiene a cargo las siguientes funciones:

1. Coordina con el Consejo de Cuenca los planes de prevención y atención de desastres de la infraestructura hidráulica;
2. elabora, controla y supervisa la aplicación de las normas de seguridad de las grandes presas públicas y privadas; y
3. elabora y controla la aplicación de las normas de seguridad para los demás componentes del sistema hidráulico público.

Artículo 107°.- Derechos de uso de agua de las comunidades campesinas y comunidades nativas Los derechos de uso de agua inherentes a las comunidades campesinas y comunidades nativas, cuando se llevan a cabo proyectos de infraestructura hidráulica, no deben ser afectados, de conformidad con lo establecido en el artículo 64° de la Ley.

TÍTULO IX AGUA SUBTERRÁNEA

Artículo 108°.- Disposiciones generales La exploración y el uso del agua subterránea están sujetos a las disposiciones del presente Título y las demás que les sean aplicables. El uso del agua subterránea se efectúa respetando el principio de sostenibilidad del agua de la cuenca.

Artículo 109°.- Exploración del agua subterránea Toda exploración del agua subterránea que implique perforaciones requiere de la autorización previa de la Autoridad Nacional y, cuando corresponda, de los propietarios del área a explorar, debiéndose tomar en cuenta la explotación sostenible del acuífero.

Artículo 110°.- Otorgamiento del derecho de uso del agua subterránea El otorgamiento del derecho de uso de un determinado volumen de agua subterránea está sujeto a las condiciones establecidas en el Título IV y, cuando corresponda, al respectivo instrumento de gestión ambiental que establece la legislación vigente. En el caso de cese temporal o permanente del uso, los titulares de estos derechos están

obligados, bajo responsabilidad, a tomar las medidas de seguridad necesarias que eviten daños a terceros. Adicionalmente, los usuarios de agua subterránea deben instalar y mantener piezómetros en cantidad y separación determinados por la autoridad respectiva, donde registren la variación mensual de los niveles freáticos, información que deben comunicar a la Autoridad Nacional.

Artículo 111°.- Obligación de informar Todo aquel que, con ocasión de efectuar estudios, exploraciones, explotaciones o cualquier obra, descubriese agua está obligado a informar a la Autoridad Nacional, proporcionando la información técnica que disponga. En estos casos no se puede usar el agua sin permiso, autorización o licencia. Asimismo, debe mantener actualizado un inventario de pozos y otras fuentes de agua subterránea.

Artículo 112°.- Uso conjunto de agua superficial y agua subterránea La Autoridad Nacional promueve la constitución de bloques de uso del agua subterránea que tenga por objeto el uso conjunto del agua superficial y subterránea, cuando así lo aconseje el mejor uso de los recursos de una misma zona, así como la recarga artificial de acuíferos. El Estado promueve la inversión privada para el uso colectivo del agua subterránea, así como la prestación de los servicios respectivos.

Artículo 113°.- Zonas de veda y zonas de restricción La Autoridad Nacional puede declarar lo siguiente:

a. Zonas de veda permanente o temporal, para exploraciones, perforaciones de pozos y otorgamiento de nuevos derechos de uso de agua subterránea en ellas. Esta declaratoria debe fundarse en estudios técnicos que confirmen que la extracción del agua del acuífero perjudica su sostenibilidad.

b. Zonas de restricción a la totalidad o parte de un acuífero en caso de notorio riesgo de agotamiento.

Esta declaratoria debe fundarse en estudios técnicos que confirmen que la extracción del agua del acuífero perjudica su sostenibilidad. En este caso se dispone una reducción temporal de extracción de agua subterránea en partes alícuotas entre los derechos de uso de agua subterránea que existan.

TÍTULO X AGUAS AMAZÓNICAS

Artículo 114°.- Aguas amazónicas El agua amazónica, en el marco del desarrollo sostenible de la amazonía peruana, es un bien de uso público vertebrador de la biodiversidad, fauna, flora y de la vida humana en la amazonía.

Artículo 115°.- La gestión integrada del agua amazónica El agua amazónica, por su asociación con la biodiversidad y uso para la alimentación humana, requiere de herramientas que orienten la gestión integrada hacia metas de sostenibilidad de la biodiversidad, protección de ecosistemas de agua dulce, inclusión social y desarrollo local.

Artículo 116°.- Objetivo de la planificación de la gestión del agua en la amazonía La planificación de la gestión del agua en la amazonía tiene como principal objetivo proteger, preservar y recuperar las fuentes de agua (cochas, manantiales, humedales y ríos) y de sus bienes asociados (islas, barrizales y restingas), por lo que el deterioro en la calidad de dichas fuentes producido por actividades públicas o privadas es considerado falta muy grave por los daños que causa a la población, el ambiente y el desarrollo de la amazonía.

Artículo 117°.- Comités de subcuenca en la amazonía Los comités de subcuenca en la amazonía se organizan en torno a los ríos menores o grandes quebradas, conforme a la zonificación que realice la Autoridad Nacional. Los comités de subcuenca tienen facultad para administrar los usos del agua, otorgando prioridad al consumo humano y garantizando su protección según los principios y mandatos de la Ley. Resuelven cualquier conflicto en su interior por consenso.

Artículo 118°.- Las comunidades nativas amazónicas y pueblos indígenas Las comunidades nativas amazónicas organizan sus comités de subcuenca de acuerdo a sus usos y costumbres para toda actividad cultural, social o económica y se encargan de la protección de las cochas, humedales y restingas de selva. La Autoridad Nacional, en concordancia con los consejos de cuenca de la amazonía, vela por que, en las aguas existentes o que discurren por las áreas habitadas por pueblos indígenas en aislamiento voluntario o contacto inicial no se otorgue ningún derecho que implique uso, disposición o vertimientos en las mismas.

TÍTULO XI LOS FENÓMENOS NATURALES

Artículo 119°.- Programas de control de avenidas, desastres e inundaciones La Autoridad Nacional, conjuntamente con los Consejos de Cuenca respectivos, fomenta programas integrales de control de avenidas, desastres naturales o artificiales y prevención de daños por inundaciones o por otros impactos del agua y sus bienes asociados, promoviendo la coordinación de acciones estructurales, institucionales y operativas necesarias. Dentro de la planificación hidráulica se fomenta el desarrollo de proyectos de infraestructura para aprovechamientos multisectoriales en los cuales se considera el control de avenidas, la protección contra inundaciones y otras medidas preventivas.

TÍTULO XII LAS INFRACCIONES Y SANCIONES

Artículo 120°.- Infracción en materia de agua Constituye infracción en materia de agua, toda acción u omisión tipificada en la presente Ley. El Reglamento establece el procedimiento para hacer efectivas las sanciones. Constituyen infracciones las siguientes:

1. Utilizar el agua sin el correspondiente derecho de uso;
2. el incumplimiento de alguna de las obligaciones establecidas en el artículo 57° de la Ley;
3. la ejecución o modificación de obras hidráulicas sin autorización de la Autoridad Nacional;
4. afectar o impedir el ejercicio de un derecho de uso de agua;
5. dañar u obstruir los cauces o cuerpos de agua y los correspondientes bienes asociados;
6. ocupar o desviar los cauces de agua sin la autorización correspondiente;
7. impedir las inspecciones, actividades de vigilancia y supervisión que realice la autoridad de agua competente directamente o a través de terceros;
8. contaminar el agua transgrediendo los parámetros de calidad ambiental vigentes;
9. realizar vertimientos sin autorización;
10. arrojar residuos sólidos en cauces o cuerpos de agua naturales o artificiales;
11. contaminar el agua subterránea por infiltración de elementos o sustancias en los suelos;

12. dañar obras de infraestructura pública; y
13. contravenir cualquiera de las disposiciones previstas en la Ley o en el Reglamento.

Artículo 121°.- Calificación de las infracciones Las infracciones en materia de agua son calificadas como leves, graves y muy graves, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

1. Afectación o riesgo a la salud de la población;
2. beneficios económicos obtenidos por el infractor;
3. gravedad de los daños generados;
4. circunstancias de la comisión de la infracción;
5. impactos ambientales negativos, de acuerdo con la legislación vigente;
6. reincidencia; y
7. costos en que incurra el Estado para atender los daños generados.

La calificación e imposición de sanciones en primera instancia corresponde a la Autoridad Administrativa del Agua.

Artículo 122°.- Tipos de sanciones Concluido el procedimiento sancionador, la autoridad de aguas competente puede imponer, según la gravedad de la infracción cometida y las correspondientes escalas que se fijan en el Reglamento, las siguientes sanciones administrativas:

1. Trabajo comunitario en la cuenca en materia de agua o
2. multa no menor de cero coma cinco (0,5) Unidades Impositivas Tributarias (UIT) ni mayor de diez mil (10 000) UIT.

Artículo 123°.- Medidas complementarias Sin perjuicio de la sanción a que se refiere el artículo 122°, la autoridad de aguas respectiva puede imponer a los infractores, de ser necesario con el apoyo de la fuerza pública, las siguientes medidas complementarias:

1. Acciones orientadas a restaurar la situación al estado anterior a la infracción o pagar los costos que demande su reposición;
2. decomiso de los bienes utilizados para cometer la infracción;
3. disponer el retiro, demolición, modificación, reubicación o suspensión de las obras en los cauces o cuerpos de agua y los bienes asociados a esta, que no hayan sido autorizados por la Autoridad Nacional; y
4. suspensión o revocación de los derechos de agua, incluyendo el cese de la utilización ilegal de este recurso, de ser el caso.

Artículo 124°.- Ejecución coactiva Para toda deuda impaga o ejecución incumplida de una obligación de hacer o no hacer a favor del Estado en virtud de la Ley, se utiliza el procedimiento de ejecución coactiva, de acuerdo con las normas especiales vigentes.

Artículo 125°.- Responsabilidad civil y penal Las sanciones administrativas que la Autoridad Nacional imponga son independientes de la responsabilidad de naturaleza civil o penal correspondiente. La Autoridad Nacional puede promover las acciones civiles y penales según correspondan.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

PRIMERA.- Seguridad de los bienes del dominio público

Declárase de preferente interés nacional la seguridad de los bienes del dominio público integrados por las fuentes naturales de agua, los bienes asociados a éstas y la infraestructura hidráulica mayor pública. Mediante decreto supremo, el Poder Ejecutivo, a propuesta de la Autoridad Nacional, establece aquellos que requieran resguardo especial permanente. Los Ministerios de Defensa y del Interior disponen, según corresponda, la asignación de personal necesario para los fines señalados en el segundo párrafo.

SEGUNDA.- Reconocimiento de los derechos de uso de agua

Los usuarios que no cuenten con derechos de uso de agua pero que estén usando el recurso natural de manera pública, pacífica y continua durante cinco (5) años o más pueden solicitar a la Autoridad Nacional el otorgamiento de su correspondiente derecho de uso de agua, para lo cual deben acreditar dicho uso de acuerdo con las condiciones establecidas en el Reglamento, siempre que no afecte el derecho de terceros. Caso contrario, deben tramitar su pedido conforme lo establece la Ley y el Reglamento como nuevo derecho de agua.

TERCERA.- Navegación, flotación, uso y actividades con agua de mar

El agua como medio de transporte marítimo, fluvial, lacustre y de flotación, así como el uso y actividad con agua de mar, se rigen por la legislación especial de la materia y de conformidad con las disposiciones de la presente Ley.

CUARTA.- Otras entidades que forman parte del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos

Forman parte del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos los proyectos especiales; los proyectos especiales hidráulicos e hidroenergéticos regionales, nacionales y binacionales; las autoridades ambientales competentes; las entidades prestadoras de servicios de saneamiento; el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología; y la Autoridad Marítima del Perú. Estas entidades deben articular sus acciones conforme a las normas de la presente Ley y del Reglamento.

QUINTA.- Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos

El Poder Ejecutivo, con refrendo del Presidente del Consejo de Ministros y del Ministro de Agricultura, aprueba el Reglamento de la presente Ley, y adecua el Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Nacional, en un plazo no mayor de sesenta (60) días calendario.

SEXTA.- Adscripción al Ministerio del Ambiente

La Autoridad Nacional puede adscribirse al Ministerio del Ambiente una vez culminado el proceso de implementación y operatividad de dicho Ministerio.

SÉTIMA.- Infraestructura hidráulica mayor pública

Los gobiernos regionales a los cuales se les transfiera la operación y mantenimiento de la infraestructura hidráulica mayor pública desarrollan sus actividades con estricto cumplimiento de la política y estrategia nacional de los recursos hídricos, así como del Plan Nacional de Gestión de Recursos Hídricos, y se sujetan a las normas, lineamientos, directivas y procedimientos que emita la Autoridad Nacional en el ámbito de su competencia.

OCTAVA.- Entidades prestadoras de saneamiento

Las aguas subterráneas reservadas a favor de las entidades prestadoras de saneamiento se rigen en cada caso por la ley que autoriza la reserva correspondiente.

NOVENA.- Mecanismos de promoción

Mediante el Reglamento se establecen los mecanismos de promoción de la inversión privada en infraestructura hidráulica, diferentes a los contemplados en el artículo 8° de la Ley.

DÉCIMA.- Excepción del uso del agua

Exceptúase de esta Ley el uso del agua para los fines de la defensa nacional, aprobados por la Autoridad Nacional del Agua y el Consejo de Cuenca como órgano descentralizado.

UNDÉCIMA.- Responsabilidad social

Los beneficiarios del agua, agrupados en empresas y asociaciones, en el marco de la responsabilidad social de la empresa, elaboran proyectos para el establecimiento de programas de forestación, mejora de riego, mejora de semillas y otros, a fin de mantener el equilibrio ecológico.

DÉCIMA SEGUNDA.- Programa de adecuación y manejo ambiental

Las entidades públicas y privadas que no cuenten con un Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA), en el caso del vertimiento de aguas residuales, y que incumplan con lo señalado en el Título V de la Ley, deben presentar su PAMA a la Autoridad Ambiental competente, estableciendo los plazos de remediación, mitigación y control ambiental.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS TRANSITORIAS**PRIMERA.- Instancias administrativas en materia de aguas**

Para los procedimientos que se inicien a partir de la entrada en vigencia de la presente Ley y en tanto se implementen las Autoridades Administrativas del Agua y el Tribunal Nacional de Resolución de Controversias Hídricas, las funciones de primera instancia son asumidas por las administraciones locales de agua y la segunda instancia por la Jefatura de la Autoridad Nacional.

Los procedimientos iniciados antes de la entrada en vigencia de la presente Ley se rigen por la normativa vigente a esa fecha hasta su conclusión, salvo las funciones de segunda instancia ejercidas por las autoridades autónomas de cuenca hidrográfica, las cuales son asumidas por la Autoridad Nacional.

SEGUNDA.- Disposiciones necesarias para implementación de la Ley

En tanto se apruebe el Reglamento, facúltase a la Autoridad Nacional para dictar las disposiciones que sean requeridas para la implementación de la presente Ley.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA DEROGATORIA ÚNICA.- Disposición derogatoria

Deróganse el Decreto Ley N° 17752, la tercera disposición complementaria y transitoria del Decreto Legislativo N° 1007, el Decreto Legislativo N° 1081 y el Decreto Legislativo N° 1083; así como todas las demás disposiciones que se opongan a la presente Ley.

Comuníquese al señor Presidente de la República para su promulgación.

En Lima, a los veintitrés días del mes de marzo de dos mil nueve.

JAVIER VELÁSQUEZ QUESQUÉN

Presidente del Congreso de la República

ALEJANDRO AGUINAGA RECUENCO

Primer Vicepresidente del Congreso de la República

AL SEÑOR PRESIDENTE CONSTITUCIONAL DE LA REPÚBLICA

POR TANTO:

Mando se publique y cumpla.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los treinta días del mes de marzo del año dos mil nueve.

ALAN GARCÍA PÉREZ

Presidente Constitucional de la República

YEHUDE SIMON MUNARO

Presidente del Consejo de Ministros